

РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ '8
2018

HISION

Лидер по
портальным
станкам!



Официальное представительство
компании в России!

hision-cnc.ru
+7 495 640 6 888
hision@hision-cnc.ru



SIMUWU
GEHANG VACUUM TECHNOLOGY

Печи для термообработки, включая:

- печи для вакуумной закалки газового охлаждения;
- печи для вакуумной закалки;
- печи вакуумного отжига;
- вакуумные цементационные печи;
- вакуумные нитрирующие печи и др.

Вакуумные паяльные печи, включая:

- низкотемпературные вакуумные паяльные печи для алюминиевых изделий;
- высокотемпературные вакуумные паяльные печи для нержавеющей стали, меди, керамической пайки и т.д.

Индукционные плавильные печи для всех видов плавления редких металлов при высокой температуре до 3000°C.

Вакуумные индукционные плавильные печи с небольшой емкостью для университетов и лабораторий.

Вакуумные печи для спекания методом порошковой металлургии с максимальной температурой до 2600°C.

www.vacfurnace.com
russia@vacfurnace.com



О компании

В течение 20 лет своего развития компания Gehang Vacuum Technology Co., Ltd (торговая марка «SIMUWU» при поставке на экспорт) стала ведущим производителем вакуумных печей и надежным поставщиком вакуумного промышленного оборудования в Китае. Мы являемся преемниками Китайского национального института вакуумных исследований, поэтому наши технические возможности — одни из лучших в Китае. В нашей команде работают исследователи и разработчики мирового класса. Нашей компанией уже поставлено большое количество надежных и долговечных вакуумных печей для высокотемпературной термообработки.

Наше оборудование используется в таких отраслях промышленности, как производство высокочистой керамики, прецизионных сплавов, теплообменников, штампов, оснастки и др. Мы гордимся высокой репутацией и положительной оценкой нашей работы заказчиками. Большинство наших заказчиков и партнеров — это национальные и зарубежные научно-исследовательские институты и университеты, производственные предприятия.

Нашими основополагающими принципами ведения бизнеса являются качественная работа компании и репутация надежного производителя, поэтому мы предлагаем только качественные вакуумные печи каждому заказчику. С момента основания компанией SIMUWU изготовлено более 2000 единиц различного вакуумно-термического оборудования для различных отраслей промышленности.

Центральный офис продаж находится в Шанхае. Мы экспортируем наше оборудование во многие страны мира: США, Израиль, Южную Корею, Россию, Иран, Таиланд, Швецию, Вьетнам и др.

В сфере вакуумной термообработки мы можем разработать и изготовить любую вакуумную печь в соответствии с техническим заданием заказчика, а также обеспечить полное техническое сопровождение, пусконаладочные работы и сервисное обслуживание.



VQT5

ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТИТАНА

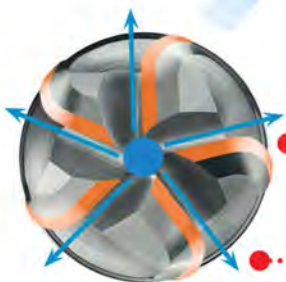
КОНЦЕВАЯ ФРЕЗА С УГЛОВЫМ РАДИУСОМ И ЦЕНТРАЛЬНЫМ СКВОЗНЫМ ОТВЕРСТИЕМ ДЛЯ ПОДАЧИ СОЖ

2xD. Оптимальный выбор для высокоэффективной обработки уступов и глубоких пазов.

Переменный угол спирали, 5 зубьев и оптимизированная геометрия обеспечивают высокую скорость съема металла до 250 куб. см/мин.

В наличии диаметры Ø16, 20 и 25 мм с угловым радиусом 3 и 4 мм.

Другие радиусы также доступны на заказ.



Бесшовная угловая геометрия

Оптимизированный зуб для улучшенного отвода стружки

СОДЕРЖАНИЕ

5

Hision – металлообрабатывающие решения от крупнейшего машиностроительного предприятия Китая / Hision – metalworking solutions from the largest machine building enterprise in China

8

Blum-Novotest уходит в технологический отрыв / Blum-Novotest goes into the technology breakthrough

14

Точность, классификация и стоимость зубошлифования / Accuracy, classification and cost of gear grinding

22

Станок с ЧПУ: измерение и контроль / CNC machine: measurement and control

27

Опыт внедрения системы управления производством / Experience in the implementation of production management systems

30

Групповое парное фрезерование / Group paired milling

32

СОЖ и современные технологии высокоинтенсивного резания / Coolant and modern technology of high-intensity cutting

36

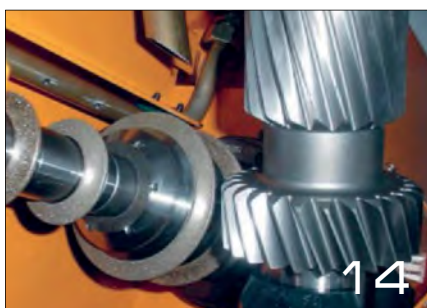
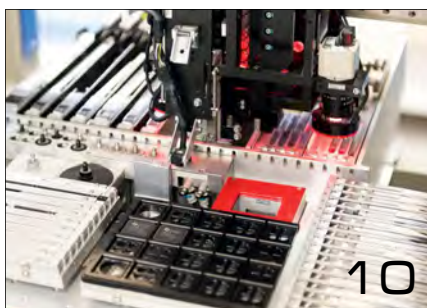
Современная газопламенная пайка: выбор возможностей / Modern gas-flame soldering: a choice of possibilities

41

Как и где обучать персонал для работы на оборудовании для термической резки с ЧПУ / How and where to train personnel to work on equipment for thermal cutting with CNC

44

Опыт трансформации технологии / Experience of technology transformation



Издатель ООО «ПРОМЕДИА»
директор О. Фалина
главный редактор
М. Копытина
выпускающий редактор
Т. Карпова
дизайн-верстка
С. Куликова
руководитель проектов
З. Сацкая
менеджер по распространению
Е. Ерошкина
Отдел рекламы:
П. Алексеев, Е. Пуртова
Э. Матвеев, О. Стелинговская
консультант В.М. Макаров
consult-ritm@mail.ru

**АДРЕС: 101000, Москва
Милютинский пер., 18А,
оф. 36с, помещение 1, 3
тел.: (495) 256-80-86
т/ф (499) 55-9999-8
(многоканальный)
e-mail: ritm@gardemash.com
http://www.ritm-magazine.ru**

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС77-63556.
(До 09.2015 журнал "РИТМ")
Тираж 10 000 экз.
Распространяется бесплатно.
Перепечатка опубликованных
материалов разрешается только
при согласовании с редакцией.
Все права защищены ©
Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в рекламных материалах и
оставляет за собой право на
редакторскую правку текстов.
Мнение редакции может
не совпадать с мнением авторов.

ПОДПИСКА НА РИТМ

МАШИНОСТРОЕНИЯ

ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОДПИСКА **БЕСПЛАТНАЯ!**

АНКЕТА ПОДПИСЧИКА

Ф.И.О. _____

Предприятие _____

Должность _____

Адрес доставки с индексом _____

Тел.: e-mail:

Виды деятельности предприятия: _____

Редакция журнала «РИТМ машиностроения» (495) 256-80-86, www.ritm-magazine.ru

2019



7 ARGUMENTE
FÜR EINE HERMLE

«Черный пояс» – за выдающуюся культуру производства.

Обработывающие центры, которые доказывают добросовестность производства.

На фирме Hermle клиенты получают быструю и компетентную поддержку, ценят персонал предприятия, проявляют преданность и доверие по отношению к поставщикам, заботятся об окружающей среде. Такой подход оправдывает себя – не в последнюю очередь, в постоянно высоких показателях. За здоровый рост совместно со всеми, кто в нем участвует.

Больше о добросовестности и культуре нашего предприятия:
hermle6.de

Машиненфабрик Бертольд Хермле АГ, Госхайм. Телефон: +49 7426/95-0 info@hermle.de
ООО «Хермле Восток», 127018, Россия, Москва, ул. Полковная, д. 1, стр. 6
Тел. +7495 627 36 34, факс: +7495 627 36 35, e-mail: info@hermle-vostok.ru



НОВАЯ СЕРИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ



За последние годы высоковольтные трехфазные асинхронные электродвигатели серии А4 зарекомендовали себя как надежные, устойчивые к перегрузкам электрические машины для привода насосов, вентиляторов, дымососов и других механизмов, не требующих регулирования частоты вращения. Их отличает: сниженный уровень вибрации, передовая система охлаждения, эффективная система подачи и сброса смазки, удобная коробка выводов.

Российский электротехнический концерн «РУСЭЛПРОМ» модернизировал базовые электрические машины А4 и представил их усовершенствованную модификацию А4F.

Новая серия получила дополнительные преимущества:

- габаритные размеры и масса А4F меньше А4 на 20% при сохранении присоединительных размеров;
- ресурс изоляции увеличен в 4 раза по сравнению с А4 за счет применения изоляционных материалов класса «F» (155°C);
- уверенный запуск двигателя даже при нестабильном напряжении в электрических сетях за счет сниженных значений пусковых токов на 12%;
- сниженная цена за счет уменьшения количества материалов и оптимизации производства.

Параллельно на сборочных площадях концерна был отлажен ускоренный цикл производства наиболее востребованных моделей ЭД. На сегодня срок изготовления двигателей серий А4 и А4F составляет всего 28 дней.

www.ruselprom.ru

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Томский инструментальный завод (ТИЗ) наладил серийный выпуск импортозамещающего режущего инструмента, который применяется в многофункциональных металлообрабатывающих станках с ЧПУ для обработки и изготовления деталей из специальных материалов (легких и титановых сплавов, жаропрочных и нержавеющей сталей). Для реализации проекта предприятие получило льготный заем ФРП на закупку современного оборудования. Стоимость проекта: 325,8 млн рублей. Сумма займа: 130 млн рублей.

В ходе реализации проекта освоено промышленное производство специальных фрез для обработки легких и титановых сплавов с износостойкими покрытиями до 63 мм, цельнотвердосплавных фрез с износостойкими покрытиями до $d = 32$ мм и фрез с вышлифованным профилем из быстрорежущих сталей до $d = 30$ мм.



Помимо нового инструмента ТИЗ поставляет на рынок спиральные сверла, метчики и ролики резьбонакатные, зенкеры, развертки, сборный инструмент, оснащенный сменными многогранными твердосплавными пластинами и др.

www.sdelanounas.ru

ПРИГЛАШЕНИЕ

В рамках выставки «Технофорум–2018», которая будет проходить с 22 по 25 октября 2018 г. в ЦВК «Экспоцентр» в Москве, научно-промышленная корпорация «Дельта-Тест» проведет презентацию модельного ряда проволочно-вырезных и прошивочных станков «АРТА» 2019 года.

Среди последних внедренных функциональных возможностей комплексов «АРТА»:

— изготовление специальных элементов эталонных образцов из жаропрочных сплавов (для проведения прочностных испытаний) с помощью токарно-проволочной электроэрозионной обработки на оборудовании «АРТА»;

— усовершенствование серии линейки комплексов «АРТА НАНО» для задач применения электродов-инструментов сверхтонких диаметров в диапазоне 10–30 микрон;

— технология прошивочной обработки с винтовой геометрией подачи комплексного инструмента для специальных изделий из титана и алюминия



и другие уникальные технические инновации от российского производителя.

В рамках собственного стенда № 1С09 в павильоне 1 НПК «Дельта-Тест» продемонстрирует станок модели «АРТА 454 С», а представитель компании примет участие с докладом в конференции «Комплексные технологии для техпервооружения и модернизации предприятий ОПК» (вторник, 23 октября, 11:00, конференц-зал павильона 1).

www.edm.ru

HISION — МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ОТ КРУПНЕЙШЕГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ КИТАЯ

Официальное представительство HISION приглашает российских производителей на выставку «Технофорум–2018», где будут продемонстрированы токарно-фрезерные металлообрабатывающие центры HISION. Выставка будет проходить традиционно в «Экспоцентре» на Красной Пресне с 22 по 25 октября, стенд компании будет располагаться в 1-м павильоне (1E10).

Крупнейшее частное машиностроительное объединение Китая HAITIAN GROUP известно отечественным производителям прежде всего как один из ведущих поставщиков ТПА: каждый четвертый термопластавтомат, закупленный российскими компаниями, произведен под этим брендом. В последние годы HAITIAN упрочивает свои позиции и на российском рынке металлорежущих станков. На ряде предприятий страны уже успешно применяются металлообрабатывающие станки HISION, которые производятся входящей в холдинг HAITIAN GROUP компанией HAITIAN PRECISION. Потребители оборудования HISION — производители пресс-форм, предприятия ОПК и аэрокосмического комплекса, автопрома, судостроения, железнодорожной промышленности и других отраслей.

Сегодня HISION в России — это линейка изготавливаемых на основе технологий японской компании DAINICHI и американской Cincinnati горизонтальных токарных обрабатывающих центров с максимальной длиной обработки в 2750 мм и феноменальным крутящим моментом в 3650 Нм, а также вертикальные фрезерные обрабатывающие центры с С-образной станиной с ременным или прямым приводом или мотор-шпинделем и горизонтально-фрезерные центры, изготовленные по технологии NIIGATA или Cincinnati с размером рабочего стола от 500×500 мм до 1800×1600 мм, с одним или двумя рабочими столами. Под маркой HISION производится также серия порталных центров под любой запрос заказчика:

наличие редуктора, прямого привода или мотора-шпинделя, подвижного стола или балки, трехосевая, пятиосевая или пятиосевая обработка — все это возможно на оборудовании HISION.

Приглашаем вас посетить стенд 1 E10 (павильон 1) компании HAITIAN на выставке «Технофорум–2018», которая пройдет с 22–25 октября в «Экспоцентре» на Красной Пресне, где можно будет увидеть в работе следующие станки:

- Высокоскоростной сверлильный станок с ЧПУ V-180
- Токарный станок с ЧПУ TC25

Станки серии V — одни из самых жестких в своем классе. Сервоприводы по трем осям позволяют достичь ускорения 1G. Шпиндель с прямым приводом развивает скорость до 20 000 об/мин. Широко применяются в автомобильной промышленности, медицине, телекоммуникациях, производстве пресс-форм.

Токарные станки серии TC разработаны по технологии японской компании DAINICHI. Отличаются высокой жесткостью и надежностью. Они могут быть оснащены приводным инструментом, люнетом, системой измерения инструмента, податчиком прутка и другими необходимыми опциями под нужды заказчика.

Наши специалисты будут рады встретиться с вами и ответить на все интересующие вопросы!

HISION

HISION CIS

г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 116, стр. 4

Тел.: +7 (495) 640-6-888

E-mail: hision@cnc.ru

www.hision-cnc.ru

Девиз HISION — PRECISION IS OUR MISSION. КОГДА ТОЧНОСТЬ — НАШЕ ПРИЗВАНИЕ.

Точность обработки, точность предоставляемых заказчику решений, точность в каждой детали.



Высокоскоростной сверлильный станок с ЧПУ V-180



Токарный станок с ЧПУ TC25



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Главное событие отрасли
в России и странах СНГ

ФОТОНИКА

МИР
ЛАЗЕРОВ
И ОПТИКИ

4–7 марта 2019

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ



Реклама 12+



14-я международная
специализированная выставка
лазерной, оптической
и оптоэлектронной техники

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.photonics-expo.ru



ЛАЗЕРНАЯ АССОЦИАЦИЯ

 ЭКСПОЦЕНТР

GEMINI HPE

ОБРАБОТКА ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Gemini HPE — это усовершенствованная система для обработки листового металла: благодаря модульной конструкции системы можно выполнять резку, сверление и фрезерование листа за один установ, используя самые современные технологии.

КОНСТРУКЦИЯ И УСТАНОВКА

Этот станок способен выполнять операции сверления, фрезерования и резки стальных пластин, используя портальную конфигурацию, а также головки со сверлильным шпинделем, плазменные и кислородные горелки.

Портал выполнен из сварного листового металла: он легкий и жесткий, что достигается благодаря его размерам. Портальная конструкция существенно упрощает монтаж: машина легко помещается в контейнер, ее сборка и тестирование производятся на заводе Ficer в Gazzada Schianno (провинция Варезе). После подготовки фундамента и выставления направляющих достаточно подключить ее к сетям (электропитание, газ и дымоходы), чтобы приступить к обработке.

Gemini HPE выпускается в двух моделях: G25HPE с рабочей поверхностью для обработки листов шириной 2540 мм и G32HPE для листов шириной 3200 мм. Длина рабочей поверхности машин составляет 6000 мм, но может быть увеличена до 24 метров.

ОБРАБАТЫВАЮЩИЕ УЗЛЫ

Gemini HPE предназначена для производства строительных конструкций (стандартные и тяжелые конструкции, в том числе мосты и сварные балки). Кроме того, эта модель будет интересна сервисным центрам благодаря мощности обрабатываемых узлов машины и гибкости эксплуатации.

Машина Gemini HPE может быть оснащена сверлильной/фрезерной головкой, плазменной горелкой и максимум тремя горелками для кислородной резки.

В серию Gemini также входит модель G36HD, которая предназначена для листового металла шириной до 3600 мм и может оснащаться максимум двумя сверлильными/фрезерными головками, двумя плазменными горелками и тремя горелками для кислородной резки.

Опционально режущие узлы могут быть установлены на специальные головки, которые с помощью трех дополнительных осей могут выполнять наклонную резку, необходимую при предварительной обработке перед сваркой (снятие фаски).

Шпиндель имеет мощность 15 кВт и оснащен соединением инструмента ISO40. Особенность машин серии Gemini заключается в дополнительном ходе перемещения головки: наряду с продольным перемещением портала шпиндель может работать независимо в пределах поверхности 250×2540 мм (или 3200 мм, в зависимости от модели), ограниченной прижимным устройством, которое фиксирует лист во время обработки. После позиционирования портала в заданной точке четыре независимые прижимные системы с электроприводом обеспечивают гарантированный прижим листового металла, поэтому шпиндель может работать с повышенной скоростью и точностью, обеспечивая конечное качество и уменьшая время рабочих циклов.

Линейная система смены инструмента рассчитана на максимум 24 позиции. Смена инструмента происходит с одновременным использованием движения головки и вспомогательной оси системы смены инструмента.

Плазменная резка выполняется системой Hypertherm 300 или 400 A: первая обеспечивает глубину резки до 45 мм



(80 мм от кромки листа), а вторая достигает глубины 64 мм (80 мм от кромки). Обе системы могут использовать технологию TrueHole. При толщине листа от 50 до 100 мм применяется кислородная резка.

ДВИГАТЕЛИ И ПРИВОДЫ

Конструкция машины Gemini HPE основана на модульной концепции, что касается и длины станка. Система перемещения портала основана на зубчато-реечной передаче с приводом от двух независимых двигателей: достаточно добавить необходимые реечные модули, чтобы получить модель с другими характеристиками.

Система управления — полностью Fanuc: от ЧПУ модели 31iB до приводов и двигателей. Этим обеспечивается идеальная совместимость различных компонентов.

Программное обеспечение — популярное ПО Pegaso: интерфейс такой же, как и на других станках Ficer; это ускоряет обучение оператора.

Можно использовать соответствующие макросы, загруженные в ЧПУ для выполнения программирования непосредственно на пульте машины. Макросы автоматически распознаются программным обеспечением Plate Nesting, которое поставляется вместе со станком и позволяет оптимизировать расположение деталей на листе (раскрой листа) отделом подготовки производства.

Лазерный датчик распознает точное положение листа, автоматически «поворачивая» рабочую программу для соответствия расположению.

«УМНАЯ» ПОДДЕРЖКА

Стол для поддержки листа отличается модульной конструкцией, которая позволяет легко увеличить его базовую 6-метровую длину до 24 метров.

Такие размеры нужны не только для изготовления очень крупных деталей, но и для работы машины в режиме «мятника»: пока машина обрабатывает лист в зоне обработки, оператор выгружает готовые детали в другом ее месте.

В целях обеспечения безопасности наши инженеры предусмотрели использование оптических барьеров, с помощью которых определяются безопасные зоны при движении портала. В случае их нарушения происходит немедленная остановка работы машины. Кроме того, если слишком близко от портала оказывается какое-либо препятствие, происходит аварийная остановка машины и оператору посылается предупреждающий сигнал. Эта система упрощает установку Gemini HPE, т. к. устраняет необходимость в защитных кожухах и физическом ограждении периметра, упрощая также стадии загрузки/разгрузки заготовок и готовых деталей.

Опорная решетка для поддержки листа оснащена небольшими латунными цилиндрами, расположенными с регулярными интервалами, которые приподнимают лист относительно решетки: инструмент может прорезать лист, не касаясь решетки, что продлевает срок службы и инструмента, и решетки.

Андреа Пагани
FICER S. P. A.

+39-0332-876-111, <http://www.ficergroup.com>

BLUM-NOVOTEST УХОДИТ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОТРЫВ



для ее развития в России большой», — считает Вадим Новак, генеральный директор ООО «Блюм-Новотест».

Компания Blum-Novotest начала работу в нашей стране в 2016 году. Сначала это было представительство, целью которого было изучение рынка, оценка его потенциала, налаживание связей, а полноценная работа российского филиала началась с января нынешнего года. «И хотя компания пришла на хорошо освоенный зарубежными конкурентами рынок, потенциал

50 ЛЕТ БЕЗУПРЕЧНОГО КАЧЕСТВА

Семейная компания Blum-Novotest была создана в 1968 году как проектно-конструкторское бюро для предприятий станкостроения. Ее основные бизнес-направления: измерительные системы, контрольно-измерительные машины и испытательные стенды. В России в настоящий момент представлены только измерительные системы. Размещенные в рабочей зоне металлообрабатывающих станков, они предназначены для проведения автоматизированных измерений инструмента и деталей. Измерительные системы компании востребованы в производстве пресс-форм, медицинской техники, аэрокосмической промышленности, ветровой энергетике, часовой промышленности, где инструмент зачастую тоньше человеческого волоса, и во многих других областях, где требуется обеспечить высокую точность обработки деталей.

Ставка в Blum делается на выпуск исключительно качественной продукции, поэтому производство находится на собственных заводах в Германии и включает в себя в том числе разработку и изготовление компонентов измерительных систем, которые относятся к числу know-how. Как считают в компании, качество обеспечивается полным контролем всего цикла производства: входной контроль заготовок, обработка деталей, их выходной контроль, монтаж, ОТК. Продажами, сервисом, поддержкой и маркетингом заняты 16 дочерних компаний Blum-Novotest и более 25 системных интеграторов по всему миру. Численность штата компании более 500 человек. В Германии Blum-Novotest входит в десятку самых быстроразвивающихся компаний.

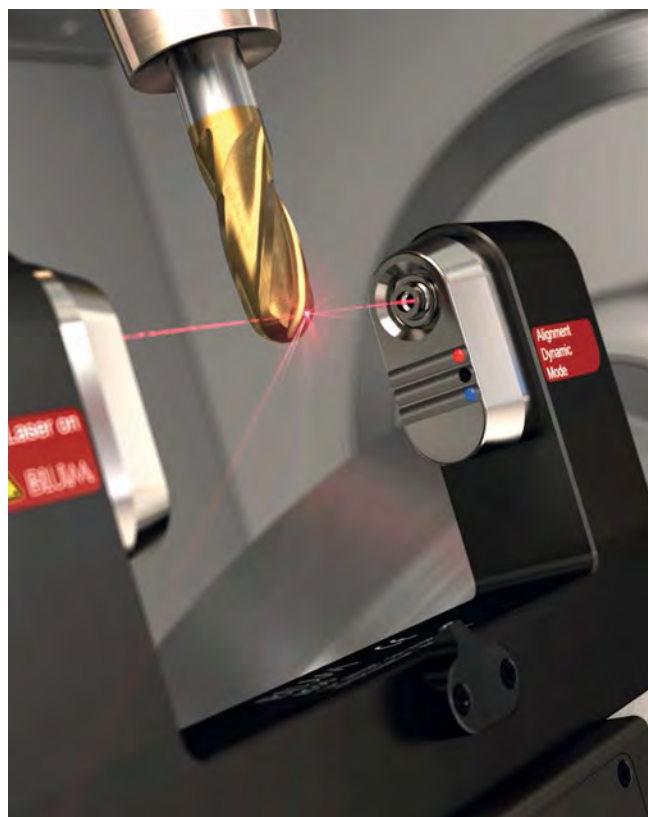
УНИКАЛЬНАЯ СКОБА

Каждые пять-семь лет компания выводит на рынок инновации. В 2017 году на самой авторитетной в мире выставке по металлообработке EMO была представлена революционная лазерная измерительная скоба пятого поколения для настройки и контроля инструментов, которая, по словам Вадима Новака, коренным образом изменила представления об измерениях. Оценил скобу и лидирующий в мире международный журнал «MM MaschinenMarkt», который вручает свою премию за инновации «MM Award» именно на выставке EMO, где собирается вся металлообрабатывающая элита. В номинации

«Измерительные технологии» скоба от Blum-Novotest была признана самой инновационной измерительной системой.



Некоторые цифры действительно впечатляют. Современный высокопроизводительный станок делает 10–15 тысяч оборотов в минуту, так вот скоба всего за 4 оборота снимает и передает десять тысяч значений. «Цифровая технология — это вчерашний день. Будущее за DIGILOG, — рассказывает мой собеседник, — потому что она позволяет обрабатывать аналоговые сигналы всех режущих кромок инструмента и в кратчайшие сроки выполнить множество измерений». По сравнению с более ранними системами компании скорость измерений с помощью этой уникальной скобы повысилась на 60%. Это дает возможность выводить непосредственно на дисплей СЧПУ прорисовку формы инструмента, визуализировать ее и видеть отклонение в размере до половины микрона. Помимо основной функции по измерению и контролю



инструментов любой формы и любых режущих материалов в скобе также есть много дополнительных функций и режимов, например, компенсация смещения шпинделя и погрешностей окружности, описываемой режущими кромками инструмента. Есть решения для предупреждения поломки шпинделя.

В скобе используется высококачественная оптика. Именно она определяет несравненную стабильность и абсолютную точность даже при измерении микроинструментов и минимальной геометрии режущих кромок инструментов. И, конечно, ее надо защищать от неблагоприятных воздействий среды в рабочей зоне. Грязезащитные заслонки совершенно новой конструкции гарантируют надежную работу в любых условиях производства. Интенсивный поток запирающего воздуха наряду с импульсной очисткой отверстия диафрагмы обеспечивает максимальную защиту оптики. В предыдущих поколениях скобы защитные шторки прикручивались, и периодический осмотр оптических компонентов был достаточно трудоемким. Теперь шторки защелкиваются, и это новшество сократило время их снятия до трех секунд, обеспечив удобство работы оператора.

Кроме того, лазерные измерительные системы нового поколения оснащаются новым НРС-соплом, благодаря которому идеальная по форме струя воздуха с высоким давлением подается точно на место измерения, быстро и без остатков очищая его от охлаждающей жидкости, стружки и других загрязнений.

С этими и другими инновациями компания Blum-Novotest сделала еще один шаг вперед и, можно сказать, ушла в отрыв. «Конкурентам потребуются несколько лет для поиска подобных решений, но и мы на месте стоять не будем», — отмечает Вадим Новак.

С августа этого года скоба поставляется в Россию под названием LC50/LC52 Blum-Novotest.

ВЫГОДА ДОЛЖНА БЫТЬ ОБОЮДНОЙ

С существенными сложностями связана обработка крупногабаритных деталей, которые невозможно где-то зажать или просто так переместить на координатно-измерительную машину, поскольку таких машин не существует. И набор альтернатив в такой ситуации невелик: либо как-то в ручном режиме получать необходимые данные, либо использовать измерительную систему. Нужна измерительная система и в том случае, если деталь обрабатывается не за один установ и требуется переместить ее из одной точки в другую. Использование измерительной системы позволяет сократить время перемещения и контролировать промежуточные этапы процесса обработки.

«В случае сложной обработки во избежание неоправданных затрат контроль является необходимой операцией, — считает Вадим Новак. Есть, например, детали, изготовление которых обходится в 60 тысяч евро. Брак обходится слишком дорого — это непригодная деталь, простой станка, потраченная электроэнергия, бессмысленно израсходованные человеко-часы и материал, который придется потом просто списать. Но с помощью измерительной системы Blum всего этого можно избежать». Система позволяет своевременно обнаружить возможные дефекты, скорректировать, скомпенсировать значения в станке, у которого есть погрешность. Когда станок холодный, значения одни, когда шпиндель разогреет, может начаться дрейф параметров станка от заданных. Система измерений позволяет вовремя уловить этот мо-

мент и скомпенсировать погрешности, чтобы они не перешли на следующие этапы обработки. И самое важное, система позволяет исключить человеческий фактор. Например, рабочий изготовил деталь за один установ, снял ее со станка и отнес в ОТК. Там деталь тоже зажали, обмерили все точки и согласно внутреннему протоколу дали рекомендацию доработать. Следовательно, на станке ее снова нужно зажать. Но надо понимать, что внутренние деформации материала детали никогда не позволят установить ее так, как она стояла изначально, а это может привести к браку. В машиностроительной отрасли соотношение брака и годной продукции приблизительно 80:20. И как в этом случае говорить о конкурентоспособности?

Сейчас «Блум-Новотест» совместно с партнерами планирует создание различных центров, где операторы, обучаясь работе на станке, параллельно учатся правильному применению измерительных систем и смогут понять, какую выгоду они приносят. Можно сказать, что, продвигая таким образом свою продукцию, Blum-Novotest получает коммерческий результат, а наши предприятия получают возможность шаг за шагом приближаться к тем показателям, которые есть на современных зарубежных производствах.

КРЕПКИЙ ОРЕШЕК

Есть проблемы, которые технологически трудны в решении. Эдакие «крепкие орешки». Существуют они и для Blum-Novotest, как, впрочем, и для других серьезных производителей измерительной техники. «Хотелось бы, чтобы наши системы было проще интегрировать в станок и в сам процесс. Например, для нашей уникальной измерительной скобы сложность иногда заключается в том, что рабочая зона станка ограничена и мы занимаем часть рабочей зоны. Blum-Novotest активно взаимодействует с производителями станочного оборудования. И в этом случае место, где можно установить или спрятать измерительную систему, предусматривается заранее. Причем для того, чтобы скоба давала микронную точность, нужно определенное жесткое место посадки, исключающее вибрации, которые могут сказываться на самом измерении.

НАС НЕ ДОГОНЯТ!

Достижения и технологичность — так обозначил Вадим Новак предмет гордости компании Blum-Novotest. Заложенные в продукции, они составят конкуренцию системам уже работающих на российском рынке компаний: «Имя Колумба известно всем только потому, что он первым ступил на землю Америки, но богатство Америки создали совсем другие люди».

Тем не менее, ставя перед собой амбициозные бизнес-задачи, Вадим Новак горячо отстаивает право клиента на осознанный выбор. Это, ко всему прочему, поддерживает конкуренцию, что крайне важно для развития серьезного поставщика.

Зинаида Сацкая



ООО «Блум-Новотест»
 Адрес: г. Нижний Новгород,
 Советский район,
 ул. Нартова, 6, корп. 6
 Тел.: +7 (831) 414-34-69
 Info.russia@blum-novotest.com
 www.blum-novotest.com

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ В РОССИЙСКИХ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРАХ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

**А. Л. Комков, Е. Н. Попов,
Н. Ю. Филимонов — ООО «НПП «РУСЭЛПРОМ-Электромаш»
А. А. Юрганов — СПбПУ Петра Великого
А. А. Бурмистров — ПАО «Силловые машины»**

НАДЕЖНОСТЬ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ (ЭЭС)
В ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ
МЕРЕ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ
РЕГУЛИРОВАНИЕМ
ВОЗБУЖДЕНИЯ ВХОДЯЩИХ
В НЕЕ СИНХРОННЫХ
ГЕНЕРАТОРОВ И, В ПЕРВУЮ
ОЧЕРЕДЬ, ПОДСИСТЕМ
АВТОМАТИЧЕСКИХ
РЕГУЛЯТОРОВ
ВОЗБУЖДЕНИЯ (АРВ),
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
МАКСИМАЛЬНЫЙ
УРОВЕНЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ
И ЭФФЕКТИВНОЕ
ДЕМПФИРОВАНИЕ
КОЛЕБАНИЙ.

Следует заметить, что проблемой стабилизации режимов ЭЭС и разработкой унифицированного алгоритма системных стабилизаторов начали интенсивно заниматься в СССР в начале 50-х годов прошлого столетия и окончательно завершили ее в 80-е годы, когда полностью сформировалась идеология внешней и внутренней стабилизации и появился сигнал производной тока возбуждения.

Этот период характеризуется быстрым развитием электроэнергетики страны. В то время были построены каскады крупных ГЭС, мощные тепловые и атомные станции. По географическим условиям мощные гидроэлектростанции строились вдали от крупных населенных пунктов и крупных промышленных предприятий. Возникла необходимость передавать большое количество электроэнергии на большое расстояние от электростанций к потребителям. Строительство параллельных линий для усиления электрической связи было дорогостоящим решением, поэтому было необходимо найти иные способы решения проблемы. Начала активно развиваться теория устойчивости электроэнергетических систем. В результате первый в мире системный стабилизатор был разработан и внедрен практически в том виде, в каком он существует сейчас. СССР имел большую территорию и разветвленную электроэнергетическую систему, обладавшую большим числом как слабых, так и сильных электрических связей между отдельными регионами.

На Западе начальный импульс в разработке системных стабилизаторов был дан в 70-х годах в Канаде из-за возникшей необходимости передавать мощность 500 МВт от АЭС Пикеринг и ГЭС в штате Онтарио по линиям электропередач протяженностью примерно 700 км и напряжением 500 кВ потребителям в США. Без быстродействующих систем возбуждения, оснащенных системными стабилизаторами, понадобились бы дополнительные линии. В Западной Европе эта проблема возникла еще позднее — при вводе в эксплуатацию турбинных блоков мощностью более 300 МВт. В настоящий момент на Западе разработано около 10 типов системных стабилизаторов, описание которых приведено в стандарте IEEE Std 421.5.

С учетом того, что отечественный стабилизатор успешно зарекомендовал себя в различных схемно-режимных ситуациях, было предложено рассмотреть вопрос о его включении в международные стандарты под названием PSS2RU. Для этого потребовалось предоставить его полное описание и привести результаты расчетов для



Фото 1. Микропроцессорное производство для систем возбуждения синхронных генераторов



Фото 2. Для изготовления микроэлектроники на предприятиях концерна «РУСЭЛПРОМ» используется передовое высокоточное оборудование

того, чтобы оценить его эффективность по сравнению со стабилизаторами, включенными в стандарт IEEE Std 421.5.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМОГО СТАБИЛИЗАТОРА PSS2RU

Задача любого системного стабилизатора — демпфирование электромеханических колебаний. Данные колебания лежат в диапазоне частот от 0,1 до 5 Гц. Эти колебания обусловлены качаниями роторов синхронных генераторов друг относительно друга. Полный взаимный угол между двумя машинами в любой схемно-режимной ситуации может быть разложен на две составляющие — внутренний и внешний угол. Внутренний угол — это угол между поперечной осью машины, совпадающей с вектором синхронной ЭДС E_q и вектором напряжения генератора U_g . Внешний угол — это угол между вектором напряжения генератора U_g и вектором синхронной ЭДС другой машины или центром электрических качаний синхронной машины (электростанции), работающей в сложной энергосистеме. Внутренний угол образуется в результате падения напряжения на внутреннем продольном индуктивном сопротивлении машины (X_d). Внешний угол образуется в результате падения напряжения на сопротивлениях, внешних по отношению к рассматриваемому генератору элементов ЭЭС.

Качания полного угла — результат совместного движения роторов и имеют двойственную природу:

- в режимах выдачи реактивной мощности устойчивость определяется величиной и качаниями внешнего угла, который в тяжелых послеаварийных режимах или в «слабых» ЭЭС в этом случае может приближаться к 90 град. эл.;
- в режимах потребления реактивной мощности устойчивость определяется величиной и качаниями внутреннего угла, который при уменьшении тока возбуждения генератора, работающего в ЭЭС любой мощности, может приближаться к 90 град. эл.

Таким образом, при одинаковых больших значениях полного угла физика переходных процессов и условия обеспечения апериодической и колебательной статической устойчивости существенно отличаются. Стабилизация режима, предлагаемая западными стандартами, не учитывает этого явления.

В результате аналитических и экспериментальных исследований и опыта эксплуатации синхронных генераторов выяснилось, что отклонениям внутреннего угла пропорциональна производная тока ротора. Отклонение частоты напряжения генератора Δf_U от установившегося значения и первая производная $\Delta f'_U = f'_U$ генератора являются первой и второй производными внешнего угла соответственно. Таким образом, имеются два легко измеряемых параметра, каждый из которых способен осуществлять демпфирование соответствующей компоненты взаимного угла. Следовательно, входными параметрами рассматриваемого стабилизатора являются ток ротора (I_f) и частота напряжения генератора (f_U).

Блок-схема системного стабилизатора PSS2RU показана на рисунке 1. Стабилизатор состоит из двух каналов, соединенных параллельно. Выходные сигналы каждого канала суммируются на главном сумматоре. Просуммированный сигнал является выходным сигналом стабилизатора. Передаточные функции за-

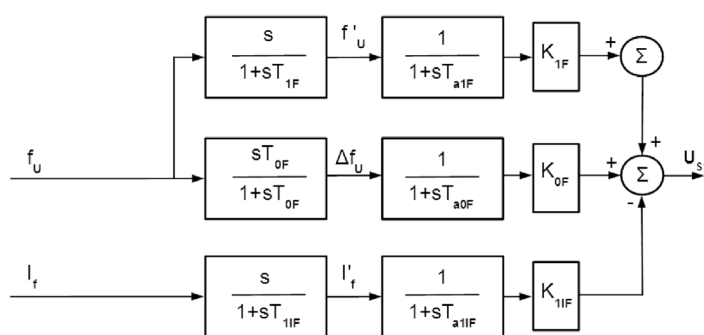


Рис.1. Блок-схема стабилизатора PSS2RU

дают необходимую форму амплитудочастотной и фазо-частотной характеристик каждого канала. Два канала перекрывают диапазон частот электромеханических колебаний. Канал по частоте настраивается на частотный диапазон от 0,3 до 1,2 Гц, канал по производной тока ротора настраивается на частотный диапазон от 1 до 3 Гц. Типовые значения постоянных времени приведены в **таблице 1**. Сравнительные испытания, проведенные НТЦ СО ЕЭС РФ, показали его высокую эффективность.

Таблица 1. Типовые значения параметров стабилизатора PSS2RU

Параметр	Значение, с
T_{OF}	2
T_{a0F}	0,02
T_{1F}	0,05
T_{a1F}	0,15
T_{1IF}	0,02
T_{a1IF}	0,15

РЕЛЕЙНАЯ ФОРСИРОВКА ВОЗБУЖДЕНИЯ

Совместно со стабилизатором PSS2RU применяется быстродействующая форсировка возбуждения. Ее функцией является повышение динамической

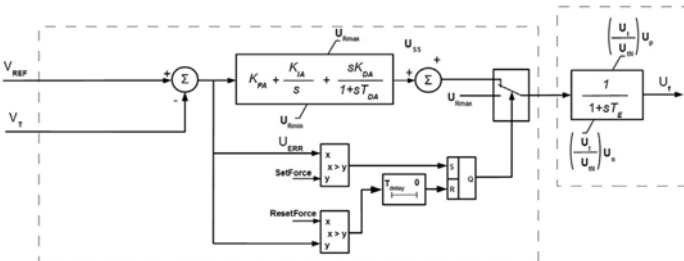


Рис. 2. Логика работы реле форсировки

устойчивости при серьезных повреждениях в энергосистеме, обусловленных снижением напряжения. Логика форсировки возбуждения изображена на **рисунке 2**.

При снижении напряжения ниже уставки срабатывания контроллер инициирует быстрое увеличение напряжения возбуждения до максимального значения до тех пор, пока напряжение статора генератора не повысится до уставки на снятие форсировки (0,8÷0,9) $U_{ГНОМ}$. Включение форсировки происходит с минимальной выдержкой времени, а отключение с выдержкой времени от 0,2 до 0,3 секунд, что соответствует времени достижения максимального значения взаимного угла между роторами синхронных машин в послеаварийном режиме качаний. Форсировка также необходима для того, чтобы исключить на время протекания КЗ тракт регулирования из закона управления, так как резкие скачки токов, напряжений и частоты могут привести к снижению скорости нарастания напряжения возбуждения из-за противоположных воздействий от разных каналов регулирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

Эффективность системного стабилизатора была проверена на математической модели 4-машинной энергосистемы (схема Кундура), часто рассматриваемой в работах западных исследователей, в среде MATLAB/Simulink Sim Power Systems. Схема изобра-

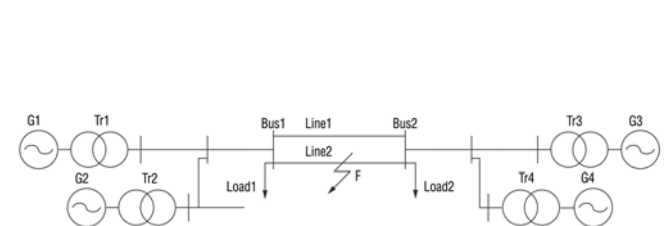


Рис. 3. Четырехмашинная тестовая схема электроэнергетической системы



Фото 3. Сборочный цех систем возбуждения и систем управления возбуждением синхронных генераторов

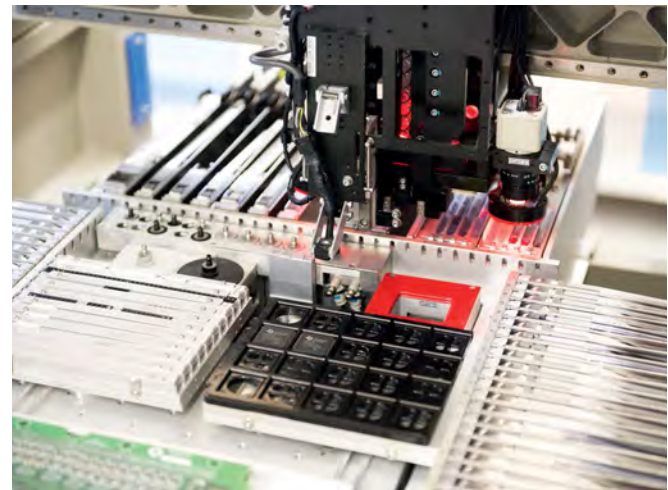


Фото 4. Все силовое оборудование, микропроцессорная аппаратура и программное обеспечение выпускаемой продукции разработаны в стенах НПП «РУСЭЛПРОМ-Электромаш»

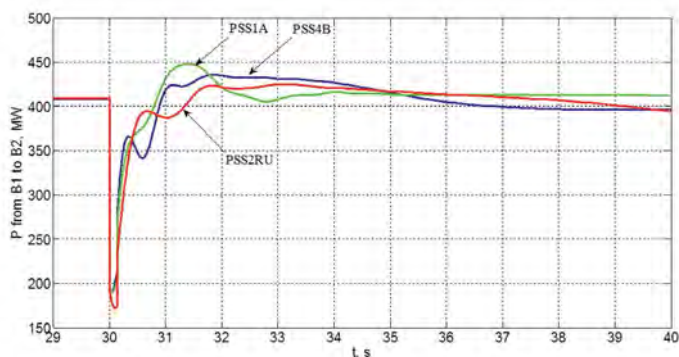


Рис. 4. Активная мощность, передаваемая из области 1 в область 2 при трехфазном коротком замыкании в середине линии с последующим ее отключением. Длина транзита 220 км.

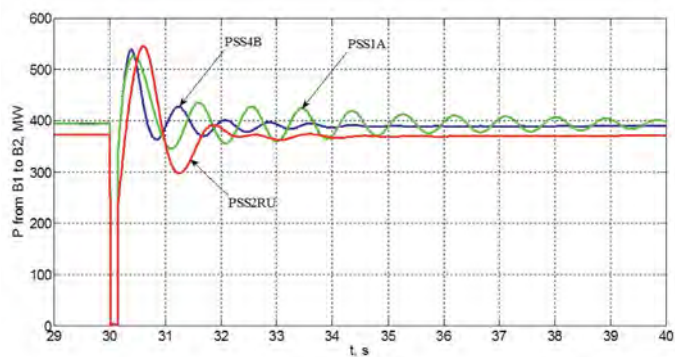


Рис. 5. Активная мощность, передаваемая из области 1 в область 2 при трехфазном коротком замыкании в середине линии с последующим ее отключением. Длина транзита 10 км.

жена на **рисунке 3**. Модель представляет собой две области, каждая из которых содержит по 2 синхронных генератора. Области соединены между собой двумя линиями длиной 220 км. Режим установлен таким образом, что осуществляется передача 413 МВт из первой области во вторую.

Тестовым возмущением является трехфазное короткое замыкание в середине одной линии с последующим ее отключением. Проведено сравнение PSS2RU со стабилизаторами, включенными в стандарт IEEE Std 421.5. Стабилизаторы PSS1A и PSS4B имеют в качестве входного параметра скорость вращения ротора. В PSS1A сигнал скорости вращения последовательно проходит через фильтры и несколько фазосдвигающих звеньев. В PSS4B сигнал скорости вращения раздваивается и проходит в одном случае через датчик низких и средних частот, в другом — через датчик высоких частот. Далее сигналы проходят через фазосдвигающие звенья, которые выделяют низкие, средние и высокие частоты, после чего каждая компонента усиливается в зависимости от частоты. Полное описание PSS1A и PSS4B представлено в стандарте. Результаты представлены на **рисунке 4**.

В энергосистеме ситуация, когда присутствует длинный транзит и создаются такие тяжелые условия, является редкостью. Подобные условия могут возникнуть, если существует слабая связь или при неблагоприятных обстоятельствах при ремонтных схемах. Для того, чтобы убедиться в эффективности стабилизатора в различных условиях, выполним такое же тестовое возмущение, но при транзите длиной 10 км. Следует отметить, что при уменьшении длины транзита до 10 км условия устойчивости энергосистемы улучшились, но такое же тестовое возмущение будет оказывать более сильную просадку напряжения на шинах генераторов, так как точка короткого замыкания стала находиться электрически ближе к каждому генератору. Результаты расчетов представлены на **рисунке 5**.

При совместном рассмотрении результатов расчета на **рисунках 4 и 5** можно сделать заключение, что стабилизатор PSS2RU при неизменной настройке осуществляет эффективное демпфирование колебаний как при длинном, так и при коротком транзите.

При длинном транзите воздействуют все каналы стабилизатора, так как внутренний и внешний угол имеют одинаковый порядок величины. При коротком транзите внешний угол становится малым, поэтому даже при тех же самых настройках каналы по отклонению частоты и по производной частоты начинают вносить на порядок меньший вклад в суммарный сигнал системного стабилизатора по сравнению с каналом по производной тока ротора. Можно сказать, что при коротком транзите каналы стабилизатора по отклонению частоты и по производной частоты выключаются из работы, исходя из физической сущности процессов. Поэтому единая настройка оказывается достаточно эффективной в существенно различных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы отметили основные вехи истории создания, особенности структуры и функционирования российского системного стабилизатора. Благодаря отмеченным выше свойствам и своему широкому распространению на электростанциях России и ближайшего зарубежья, а также принимая во внимание простоту и грубость настройки своих параметров, системный стабилизатор PSS2RU должен занять значимое место в библиотеках основных программных продуктов для выполнения сетевых исследований. Для этого важно провести работу по интеграции структуры системного стабилизатора PSS2RU и алгоритма релейной форсировки в документы международных организаций IEC и IEEE.



109029, Москва, Нижегородская ул., 32, стр. 15
 Тел.: 8 (800) 301-35-31
 Факс: (495) 600-42-54
 mail@rusalprom.ru
 rusalprom.ru

ТОЧНОСТЬ, КЛАССИФИКАЦИЯ И СТОИМОСТЬ ЗУБОШЛИФОВАНИЯ

ЗУБОШЛИФОВАНИЕ, ПО МНЕНИЮ АВТОРА, ЯВЛЯЕТСЯ САМЫМ СЛОЖНЫМ ПРОЦЕССОМ ИЗ ВСЕХ ВИДОВ ШЛИФОВАНИЯ И САМЫМ НАУКОЕМКИМ ИЗ ВСЕХ ВИДОВ ЗУБООБРАБОТКИ. ПОИСК НОВЫХ СВЯЗЕЙ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В РАЗВИТИИ ЭТОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ БЕЗУСЛОВНО АКТУАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕЙ.

РЫНОК ЗУБООБРАБОТКИ

Глобальный рынок шестерен постоянно растет, и, по прогнозам группы Freedonia со штаб-квартирой в Кливленде (Огайо), проводящей отраслевые исследования рынков, мировой спрос на зубчатые колеса к 2019 г. увеличится на 6% и составит 221 млрд долларов США. В отчете группы отмечаются три крупнейших мировых национальных рынка продаж шестерен: Китай, США и Япония. На долю Китая приходится почти 40% годовых темпов роста. Высоким мировым темпам роста способствуют успехи в производстве автомобилей, переход к более дорогим энергосберегающим агрегатам, таким как семи- и восьмиступенчатые автоматические коробки передач. Кроме того, ожидается, что продажи шестерен, используемых в относительно небольших, но быстро растущих применениях, таких как ветровая и солнечная энергия, значительно увеличатся.

Оценка точности и стоимости зубообработки поможет объективнее оценить целесообразность применения и эффективность каждой разновидности зубообработки.

ТОЧНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ЗУБООБРАБОТКИ В СООТВЕТСТВИИ С НОРМАТИВАМИ

Рост требований к современным изделиям определяет и соответствующее повышение требований к зубчатым колесам, входящим в их состав.

В работе [1] сформулированы важные тенденции в конструкции зубчатых колес и особенности технологии их обработки, в первую очередь это касается точности: сегодня в мире основную массу составляют колеса 5–7-й степеней точности. Другой тенденцией является наличие модификаций по профилю и направлению зуба (заданных конструктивных отклонений от исходных параметров). В отдельных случаях вводится топологическая модификация по всей поверхности зуба.

Интеграция методов и средств контроля зубчатых венцов в производственный процесс зубообработки образует следующую тенденцию развития процесса.

Повышение требований к зубчатым передачам привело к тому, что за прошедшие 30 лет существенно изменилась технология обработки зубчатых колес. Новые технологии не только обеспечивают более высокое качество обработки, но и существенно увеличивают производительность [1].

Мировые тенденции в увеличении точности и производительности обработки

зубчатых колес за тридцатилетний период представлены на **рис. 1**.

Многообразие способов получения зубчатых венцов колес, предназначенных для передачи крутящего момента с входного вала на выходной, в первом приближении, для цилиндрических зубчатых колес, может быть представлено схематично на **рис. 2**.

Существующие методы формирования зубчатых венцов должны удовлетворять параметрам, выбираемым конструктором по ГОСТ 1643-81 или его зарубежным аналогам ISO 1328, DIN 3962, ANSI/AGMA 2015, которые важно принимать во внимание при выборе и использовании современного зарубежного зубообрабатывающего оборудования.

На **рис. 3** на основе анализа опытных и литературных данных приведены основные методы формообразования венца и получаемая при этом экономически целесообразная стандартная точность по ГОСТ 1643-81.

Как уже отмечалось, в РФ действующим стандартом, регламентирующим качество зубчатых передач, является долгожитель ГОСТ1643-81, ведущий свое исчисление от ГОСТ 1643-42. Стандарт устарел, он создавался до выхода рекомендаций ISO 1328, и его основные положения

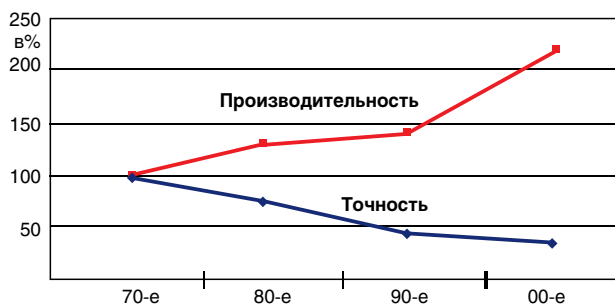


Рис. 1. Повышение качества и производительности зубообработки [1]



Рис. 2. Методы изготовления зубчатого венца

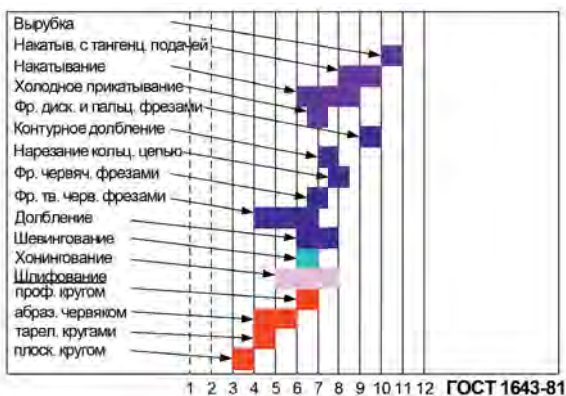


Рис. 3. Параметры точности по ГОСТ 1643-81, обеспечиваемые различными методами обработки

сдерживают прогресс в области зубообработки и контроля зубчатых колес и передач и не стимулируют отечественного производителя к изготовлению конкурентоспособной продукции.

Зарубежные данные, представленные на рис. 4 показывают, что равную точность можно получить различными методами. Видно, что 6-ю степень точности по европейскому стандарту ISO 1328 достигают фрезерование, долбление, шевингование и шлифование. Темные области на рис. 4, обозначают стандартные условия обработки, светлые обеспечиваются при выполнении повышенных требований к точности оборудования, базированию заготовки, стратегии обработки по проходам, использованию инструмента высокой точности, к выбору метода шлифования или благодаря тщательному подбору характеристики шлифовального круга и средства его правки.



Рис. 4. Параметры точности по ISO 1328, достигаемые различными методами зубообработки [2]

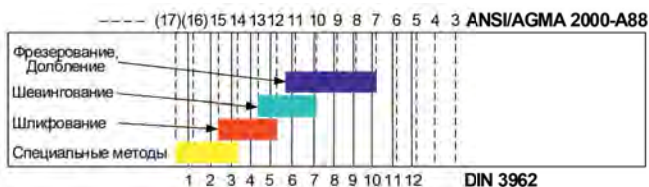


Рис. 5. Параметры точности по DIN и ANSI/AGMA, обеспечиваемые различными методами зубообработки [3]

На рис. 5 представлены качества по германскому стандарту DIN 3962 и степени точности по американскому ANSI/AGMA 2000, которые обеспечиваются существующими способами изготовления зубчатых венцов [2]. В работе не раскрывается сущность специальных методов, позволяющих получить 1—3 качество DIN, однако, по-видимому, речь идет о специальных методах, которые используются в лекальных отделениях инструментальных цехов.

Из представленных на рисунках 3—5 данных видно, что существующие методы формирования зубчатого венца обеспечивают требуемую точность обработки, при этом существующие лезвийные и абразивные процессы гарантируют равную точность в пределах 5—7 степени.

Выбор метода обработки во многом зависит от стоимости изготовления зубьев.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ЗУБОШЛИФОВАНИЯ

Зубошлифование является единственным процессом получения закаленных шестерен прецизионной точности. Несмотря на неоспоримые достоинства зубошлифования, определяемые высокой точностью венца и низкими параметрами шероховатости Ra, этот процесс имеет технико-организационные недостатки. К ним можно отнести недостаточно высокую производительность, опасность возникновения прижогов и необходимость иметь высококвалифицированный персонал.

Зубошлифование постоянно развивается, появляются новые технические решения, методы обработки, благодаря новым инструментам и движениям совершенствуются конструкции станков и узлов, разрабатывается новое программное обеспечение (ПО). Это позволяет сочетать разные методы формообразования эвольвентной поверхности зуба, а также уменьшать основное технологическое и вспомогательное время обработки.

Требования модификации поверхности зуба, а также необходимость повышения точности зубчатого венца и производительности процесса ставят новые задачи перед проектированием конструкции станка и созданием ПО.

Некоторые методы зубошлифования, оборудование, на котором они ранее осуществлялись, а также фирмы-производители тихо умирают или начинают жить другой жизнью. Однако появляются новые компании, готовые решать все усложняющиеся задачи.

Рабочую поверхность зуба цилиндрического колеса можно получить с помощью различных методов зубошлифования, которые определяют кинематическими процессами, сводящимися к взаимным движениям шлифовального круга и обрабатываемой заготовки. Наибольшее распространение в производстве получили три метода шлифования зубьев цилиндрических колес:

— Метод огибания (бесцентроидного огибания) с индивидуальным делением, при котором профиль получаемых зубьев возникает как огибающая различных положений производящей поверхности шлифовального круга. На этой поверхности лежат режущие зерна, в процессе обработки центриды на круге и получаемом колесе отсутствуют. Метод применяется при шлифовании косозубых колес фасонными кругами и сочетается с индивидуальным делением.

— Метод обката — частный случай огибания, при котором центриды круга и обрабатываемого колеса катятся друг по другу без скольжения. Профиль обрабатываемых зубьев получается в процессе шлифования как огибающая различных положений производящей поверхности инструмента, которая образуется режущими кромками инструмента.

— Метод копирования, в котором контактные линии между поверхностью инструмента совпадают с плоским сечением производящей поверхности инструмента. Ранее этот метод обычно сочетался с индивидуальным делением, в настоящее время достаточно часто осуществляется и без деления.

На рис. 6 показаны существующие разновидности методов зубошлифования, а также фирмы, изготавливающие станки, работающие указанными методами. Кроме того, представлены фирмы, выпускавшие станки

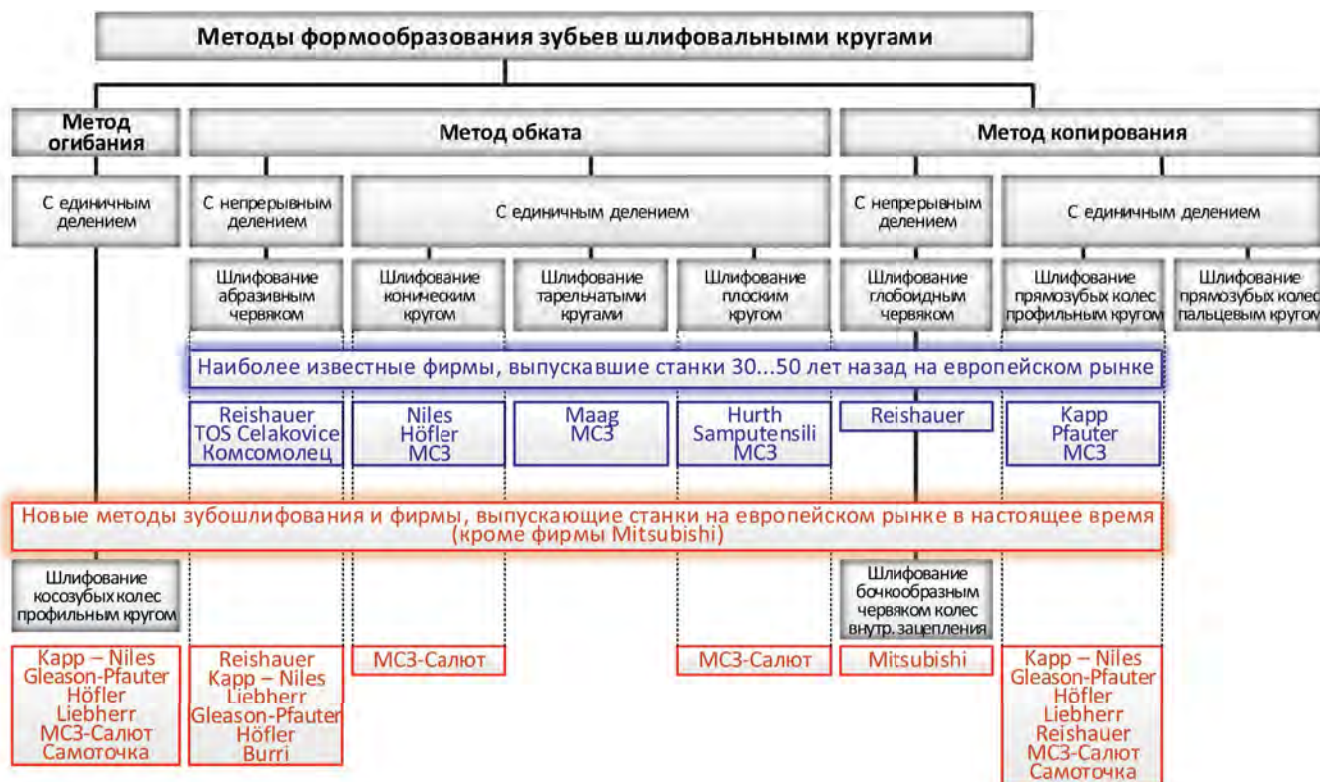


Рис. 6. Методы зубошлифования и фирмы, реализующие их в выпускаемых станках

30–50 лет назад и в настоящее время. Анализируя приведенные на рис. 6 сведения, можно установить следующее:

1. 50 лет назад каждое предприятие (кроме отечественного — МСЗ, которое выпускало станки, работающие по 4-м методам зубошлифования) производило станки, реализующие один из методов зубошлифования, постоянно расширяя его технологические возможности и совершенствуя конструкции оборудования. Так, швейцарская фирма Maag выпускала традиционные станки, затем станки серии SD с цикловым программным управлением, а затем станки SD32X, SD36X для шлифования зуба с топологической коррекцией. Однако после смерти в 1960 г. основателя фирмы Макса Маага (Max Maag) была изменена стратегия деятельности фирмы, и в 80-х годах производство зубообрабатывающего и зубоизмерительного оборудования на этой фирме было прекращено.



Рис. 7. Нормальная функция коррекции осевого профиля круга [4]

2. Около 30 лет назад ряд предприятий стали выпускать станки, работающие альтернативными методами. Так, компания Reishauer, специализировавшаяся на изготовлении станков с червячным абразивом, выпускала зубошлифовальный станок RKZ400, работающий коническим шлифовальным кругом.

3. В настоящее время наиболее часто применяемыми являются два метода зубошлифования: абразивным червяком и профильным кругом. Практически все известные европейские станкостроительные бренды, выпускающие зубообрабатывающее оборудование, изготавливают станки, работающие этими методами. Важнейшим свойством современных зубошлифовальных станков является возможность использования обоих методов шлифования в одном станке.

4. Относительно новым можно считать метод шлифования винтовых цилиндрических колес профильным кругом, что стало возможным в процессе совершенствования приводов, управляемых системами ЧПУ, и развития ПО станков. При обработке косозубых колес в силу пространственного контакта между кругом и изделием профиль получившейся впадины всегда отличается от профиля инструмента. Для коррекции возникающего искажения (рис. 7, [4]) производится расчет специального профиля круга, который необходим для получения требуемой точности впадины, после чего при помощи специального механизма осуществляется правка круга по рассчитанным коррекционным перемещениям. Процесс шлифования сопровождается большим пятном контакта между инструментом и заготовкой, что обеспечивает высокую точность и качество обработки.

5. В последнее время стал известен метод зубошлифования колес с внутренним зубом бочкообразным червячным шлифовальным кругом, предложенный специалистами компании Mitsubishi (Япония). Компания Mitsubishi Heavy Industries Machine Tool Co., LTD (MHI)

Все для вашего успеха. Это ARNO.



РАСТАЧИВАНИЕ



СВЕРЛЕНИЕ



ФРЕЗЕРОВАНИЕ



ВЫТАЧИВАНИЕ КАНАВОК



Опыт и инновации. У нас, в компании ARNO, опытные мастера своего дела и молодые умы совместно разрабатывают решения для продуктивных, безопасных и быстрых процессов производства. Наш профессиональный сервис и ноу-хау обеспечит вам успех в будущем.

www.arno.de

ARNO RU Ltd. | Ул. Красная 38 | РФ 600015 Владимир
☎/📠 +7 4922 541125 | 📠 +7 4922 541135 |
info@arnoru.ru | www.arnoru.ru

ARNO[®]
WERKZEUGE

We have a passion for precision.

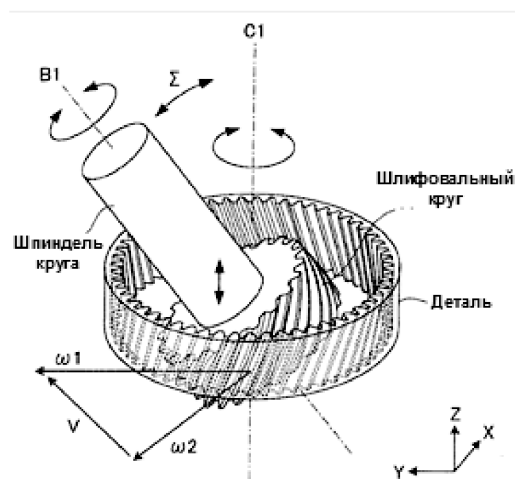


Рис. 8. Схема движений по патенту EP 2383073A1

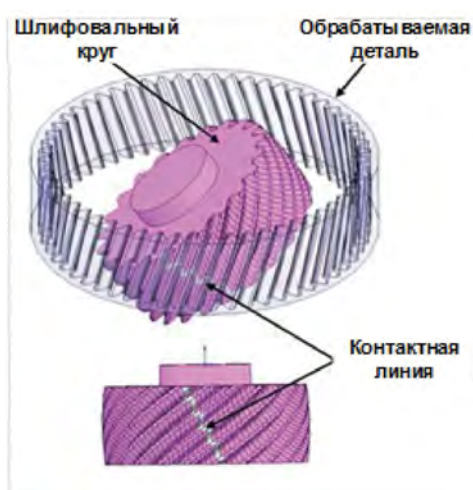


Рис. 9. Линия контакта шлифовального червяка и заготовки в 3D-САПР [5]

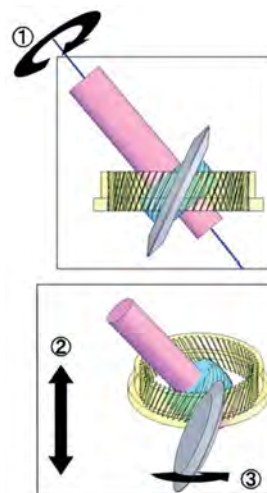


Рис. 10. Движения и инструмент, необходимые для правки бочкообразного абразивного червяка

наряду с широкой гаммой зубообрабатывающих станков производила с 1966 г. зубошлифовальные станки серии NZA по лицензии для внутреннего рынка в Японии. С 2005 г. MHI стала производить станки серии ZE. С тех пор почти 500 станков MHI были произведены и установлены у потребителей. Приобретая опыт, компания MHI дебютировала в 2009 году с разработкой первого зубошлифовального станка ZI20A, работающего по методу обката с непрерывным делением для обработки шестерен с внутренним зубом. Создатели нового метода зубошлифова-

ния использовали для расчетов точек контакта шестерни и инструмента теорию зубчатых передач, предложенную отечественным ученым Ф. Л. Литвиным.

На рис. 8, 9 и 10 можно видеть основные движения формообразования в станке, необходимые для правки бочкообразного червячного абразива [5], а также зону контакта инструмента с обрабатываемым изделием. Скорость шлифования до 20 м/с в станке ZI20A и применение абразивных червяков из CBN делают новый станок и способ шлифования конкурентоспособными по сравнению со станком, работающим профильным кругом.

В таблице 1 продемонстрированы преимущества и недостатки шлифования цилиндрических зубчатых колес профильным кругом и абразивным червяком. Собранные сведения, по мнению автора, носят общий характер, и в некоторых случаях возможны исключения.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о целесообразности и необходимости использования в одном зубошлифовальном станке сочетания двух методов обработки зубчатых венцов: профильным и червячным кругами.

Таблица 1

Характеристики метода	Профильный круг	Червячный абразив
Производительность обработки	↓	↑
Геометрическая точность	↑	↓
Качество поверхности	↓	↑
Время шлифования с Z < 15	↑	↓
Время шлифования с Z > 15	↓	↑
Простота изменения профиля круга	↑	↓
Возможность шлифования впадин и вершин зубьев	↑	↓
Возможность шлифования впадины зуба с Z < 15	↑	↓
Возможность использования одних и тех же кругов для разных Z	↓	↑
Стоимость алмазного правящего инструмента	↑	↓
Возможность шлифования профилей, которые не являются эвольвентными	↑	↓
Необходимость применения автоматических балансировочных устройств для получения высокой точности обработки	↑	↓
Возможность применения автоматических сменщиков абразивного инструмента	↑	↓
Возможность шлифования зубчатых колес с m > 10 мм	↑	↓
Возможность шлифования крупномодульных зубчатых колес из целой заготовки	↑	↓
Возможность шлифования шестерен с внутренним зубом	↑	↓



Рис. 11. Станок Reishauer RZ 260, реализующий обкатной и профильный методы.



Рис. 12. Станок Liebherr LCS 380, работающий обкатным и профильным методом

Практика подтверждает указанное выше обстоятельство, так, фирма Reishauer имеет линейку универсальных зубошлифовальных станков RZ (рис. 11), которые могут работать как обкатным, так и профильным методом: RZ 260, RZ 303C, RZ 410, RZ 630, RZ 800 и RZ 1000.

Компания Liebherr в своей производственной программе содержит серию универсальных зубошлифовальных станков LCS (рис. 12), в которых также реализованы как обкатной, так и профильный методы: LCS 200, LCS 300, LCS 380 и LCS 500.

Проведенный краткий анализ существующих и реализуемых в станках методов зубошлифования выявил приоритетную применимость двух методов финишной зубообработки: абразивным червяком и профильным кругом.

СТОИМОСТЬ ЗУБООБРАБОТКИ

Рассмотрение обобщенных данных [6] стоимости операций по изготовлению зубчатых колес позволило получить схему типовых производственных затрат (рис. 13). Как можно видеть, затраты на механическую обработку и отделку составляют 60% стоимости изготовления шестерен.



Рис. 13. Типовые затраты на производство зубчатых колес (производственные затраты) [6]

Основным критерием выбора того или иного метода зубообработки является экономическая эффективность, которая определяется стоимостью обработки и стоимостью инструмента, отнесенными к изготовлению одного изделия. Было проведено исследование [7] по обработке шестерен: $m = 12$ мм с разным числом зубьев $z = 16$ и $z = 190$ различными инструментами и методами зубообработки.

Результаты расчетов по стоимости изготовления показаны на рис. 14. При обработке малозубых шестерен ($z = 16$) самым эффективным методом является профильное фрезерование дисковой модульной фрезой со сменными многогранными пластинами. При увеличении числа зубьев ($z = 190$) картина меняется. В этом случае при зубофрезеровании затраты на инструмент превышают стоимость обработки. По стоимо-

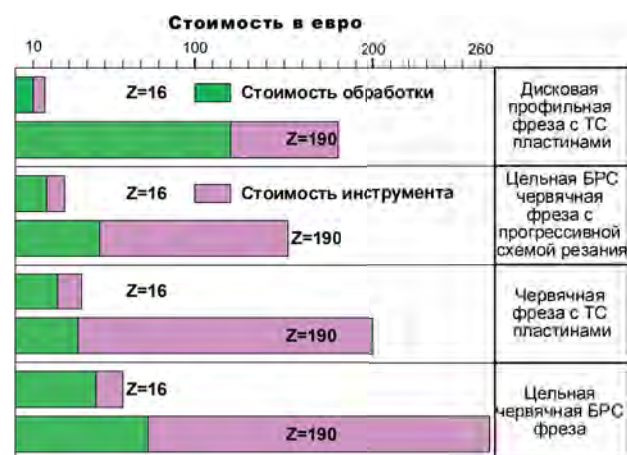


Рис. 14. Стоимость изготовления шестерен $m = 12$ мм с разным числом зубьев $z = 16$ и $z = 190$ различными инструментами и методами зубообработки



EUROMAC



Vimercati



ООО «ЛМТ РУС»
Тел./факс: +7 (495) 255-23-23
E-mail: office@lmtrus.ru
www.lmtrus.ru

сти обработки наиболее выигрышным оказывается применение быстрорежущей фрезы с прогрессивной схемой резания. При определенной оптимизации дисковой фрезы и характеристике твердого сплава возможно повышение стойкости твердосплавных пластин, и тогда и этот метод может быть (при $z = 190$) достаточно экономичным.

Приведенные примеры показывают, что дисковые модульные фрезы со сменными твердосплавными пластинами являются более эффективными при обработке деталей с малым числом зубьев. Большинство изготовителей данного инструмента определяют границу эффективного применения этого метода относительно червячных фрез в районе 35–40 зубьев детали. При обработке зубчатых колес с числом зубьев больше указанного начинает существенно сказываться доля вспомогательного времени при профильном фрезеровании, в то время как становится возможным увеличение подачи на оборот детали при обкатном фрезеровании [7].

Представляет несомненный интерес оценка экономической целесообразности обеспечения равной точности венца различными методами зубообработки.

На рис. 15 показаны тенденции роста затрат по мере увеличения точности и расширения возможностей нескольких (шлифования, шевингования, нарезания) методов изготовления зубьев шестерен: $m = 3$ мм, $d = 150$ мм. Как следует из представленных зависимостей, нарезание (зубофрезерование или зубодолбление) имеет наименьшую стоимость при получении степени точности AGMA 8 (DIN 9).

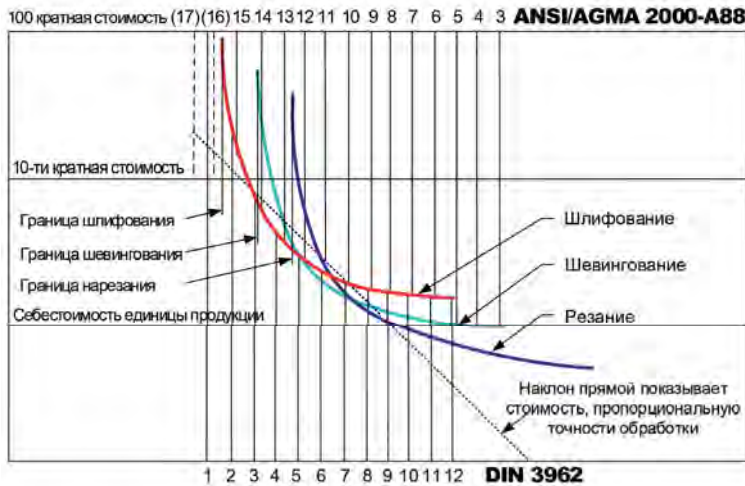


Рис. 15. Относительная стоимость изготовления зубьев шестерен: $m = 3$ мм, $d = 150$ мм различными методами [8]

Однако для степени точности AGMA 12 (DIN 5) шлифование или шевингование являются менее дорогими способами формообразования венца, т. е. АГМА 12 очень сложно достичь методами нарезания. Изменение степени точности от AGMA 8 (DIN 9) к AGMA 15 (DIN 3) предполагает приблизительно 10-кратное увеличение стоимости изготовления. Обрабатывать зубчатые колеса для достижения 3–5 квалитетов DIN выгоднее шлифованием, чем фрезерованием. Получение 1–2 квалитетов DIN стократно увеличивает стоимость обработки по сравнению с 11–12 квалитетами. Следует отметить, что в последних версиях американского стандарта ANSI/AGMA и ISO 1328 отсутствуют числовые значения допусков. В этих стандартах приведены лишь расчетные формулы, в которых используются фактические значения исходных параметров.

Если оценивать тенденции технологии изготовления зарубежных зубчатых передач, то, как видно из рис. 15, для получения 7–8 квалитетов DIN можно успешно использовать технологические процессы без зубошлифования. Это актуально и для достижения необходимых нашему авто- и тракторостроению степеней точности 7 и 8-7-7 по ГОСТ 1643-81. Так, за рубежом получила распространение технология: фрезерование–шевингование–термообработка–хонингование. Последняя операция представляет собой силовой метод зубохонингования охватывающим хонем, выполненным в виде зубчатого колеса с внутренними зубьями. Операция наиболее эффективно используется в современных технологических процессах для снижения уровня шума зубчатых передач. В соответствии с рекомендациями фирмы Präweta наиболее эффективно силовое зубохонингование заменяет зубошлифование при необходимости обеспечения 6–7-го квалитетов DIN.

Зубохонингование применяется после зубошлифования для улучшения текстуры боковой поверх-



Рис. 16. Профильное шлифование и хонингование на станке S400GT

Рис. 17. Совмещенная обработка червячным абразивом и зубохонингованием на станке S400GT

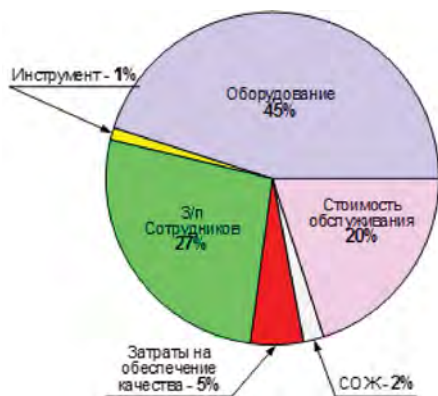


Рис. 18. Структура себестоимости при зубошевинговании [10]

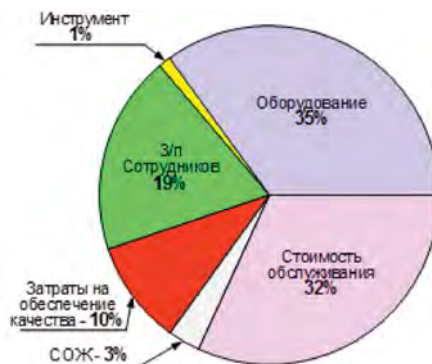


Рис. 19. Структура себестоимости при зубошлифовании [10]



Рис. 20. Структура себестоимости при зубошлифовании по данным фирмы Norton

ности зуба и положительно влияет на снижение уровня шума. Фирмы Reishauer на станке RZ362A и Samputensili на станке S400GT предусмотрели возможность совместной обработки зубчатых колес различными методами зубошлифования и зубохонингованием (рис. 16 и 17).

Зубохонинговальные станки с ЧПУ для силового зубохонингования охватывающим хонем (коронарного зубохонингования) с синхронизированным вращением инструмента и детали изготавливаются такими известными фирмами, как Gleason, Kapp, Liebherr, Fässler, Samputensili-Seiwa, Koeper и Präwema [9].

При использовании предлагаемого в работе [10] метода расчета стоимости процессов зубообработки, включающего большой набор входных параметров и служащего поддержкой в принятии решений о путях развития производства, получено, что шевингование на 26–46% дешевле, чем зубошлифование. На рис. 18 и 19 показана структура себестоимости двух финишных процессов зубообработки: шлифования и шевингования.

В структуре себестоимости зубошлифования сравнительно более высокий вес имеют затраты на оборудование, заработанную плату сотрудников, которая объясняется их высокой квалификацией. Несколько меньше стоимость обслуживания, что, по-видимому, связано с более высокой степенью автоматизации зубошлифовальных станков. Структура себестоимости зубошлифования, предложенная фирмой Norton, показана на рис. 20. В нее входят другие статьи затрат, что затрудняет их прямое сравнение со сведениями работы [10].

Опираясь на представленные сведения, вполне аргументированно можно утверждать, что зубошлифование как процесс окончательного производства закаленных высокоточных и точных цилиндрических колес начиная с 5-го качества DIN является дорогостоящим, но при существующей практике незаменимым. Методы зубошлифования и станки постоянно совершенствуются с целью более полного удовлетворения растущих требований отраслей промышленности.

**В.К. Ермолаев, к. т.н.,
технический эксперт ООО «Шлифовальные станки»
vad1605@yandex.ru**

ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев Д. А. Современные методы контроля качества цилиндрических зубчатых колес. // Металлообработка. 2009. № 4. Оборудование и инструмент для профессионалов.
2. Heinz Linke, Jörg Börner, Ralf He. Cylindrical Gears. Calculation — Materials — Manufacturing. , 2016.
3. Stephen P. Radzevich. Handbook of Practical Gear Design and Manufacture. 2012.
4. Yi-Pei Shih, Shi-Duang Chen. Free-Form Flank Correction in Helical Gear Grinding Using a Five-Axis Computer Numerical Control Gear Profile Grinding Machine. Journal of Manufacturing Science and Engineering. August 2012. Vol. 134.
5. Yoshikoto Yanase. Masashi Ochi. Grinding Internal Planetary Gears // Gear Solutions. 2009. № 5.
6. J. R. Davis // Gear materials, properties, and manufacture. ASM International, 2005.
7. Локтев Д. А. Современные методы эффективной обработки зубчатых колес. <http://texinfo.inf.ua/>
8. Данные фирмы: Fellows Corp., Emhart Machinery Group, Springfield, VT, USA.
9. В. Е. Антонюк [и др.]. Зубчатые передачи. Нормативно-методическое обеспечение точности зубчатых передач на этапе проектирования. // Минск: Беларуская навука, 2016.— 251 с.
10. Carin Andersson, Jan-Eric Ståhl. Grinding or shaving-economic decision support in the production of gears. Swedish Production Symposium, 2014.



Ваш путь к ИННОВАЦИЯМ



Линейные направляющие

Актуаторы

Шарико-винтовые передачи

Подшипники с перекрестными роликами

formnext
Франкфурт, Германия,
13 - 16 ноября 2018 года
зал 3.0 / стенд D10

Представительство THK в России и СНГ
info.mow@thk.eu ☎ +7 (495) 649-80-47



СТАНОК С ЧПУ: ИЗМЕРЕНИЕ И КОНТРОЛЬ

ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПЦИЙ В ТЕХНИКО-KOMMЕРЧЕСКОМ ПРЕДЛОЖЕНИИ НА СТАНОК С ЧПУ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕГДА ВКЛЮЧАЕТ СИСТЕМУ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ, ИНОГДА ЭТИ ПУНКТЫ ДАЖЕ ПОПАДАЮТ В РЕКОМЕНДУЕМЫЕ К ПРИОБРЕТЕНИЮ. ЧТО ИЗ СЕБЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ ДАННЫЕ СИСТЕМЫ, КАК ОНИ РАБОТАЮТ И КАК ОЦЕНИТЬ ПОТРЕБНОСТЬ ТАКИХ ВЛОЖЕНИЙ, РАССМОТРИМ В ЭТОМ МАТЕРИАЛЕ.

У крупнее системы контроля и измерения делят на два не зависимых друг от друга типа. Первый относится к работе с режущим инструментом (рис. 1), второй — к обрабатываемому изделию. Понятие «система» используют, так как в комплект поставки входит аппаратное и программное обеспечение. Состав его варьируется и зависит от множества факторов и условий. Рассмотрим оба типа более подробно.



Рис. 1. Системы измерения и контроля инструмента

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИНСТРУМЕНТА (TOOL SETTER)

Прежде чем переходить к описанию измерительных систем, следует ответить на вопрос, который часто возникает при покупке первого станка с ЧПУ: «А можно ли обойтись без этой системы?» Важным этапом в оценке возможностей и потребностей в данном оборудовании является понимание принципов индикации и перерасчета координат на станке с ЧПУ.

КАК ПРИВЯЗАТЬ ИНСТРУМЕНТ

Итак, для любого станка с ЧПУ существует понятие нуля станка, а точнее, нулевого положения для каждого узла, который может перемещаться и/или вращаться с индикацией координат. Соответственно, в этом нулевом положении координата перемещения/вращения равна нулю. Ноль станка и направление перемещения/вращения, которое определено знаком, составляют понятие системы координат станка или машинных координат. Данные координаты неизменны, отсчитываются от нуля станка, их всегда можно отобразить на панели оператора. Однако пользоваться ими для программирования обработки изделия затруднительно, т.к. отсчет координат происходит из точки, находящейся вне детали.

Для составления управляющей программы применяют систему координат детали. То есть добавляют новый отсчет координат и назначают его в системе ЧПУ (рис. 2). Для этого в ней существует раздел Work Offsets — смещение рабочей системы координат. Систем координат детали может быть несколько, им присваиваются номера. Для каждой системы в разделе Work Offsets указываются машинные координаты

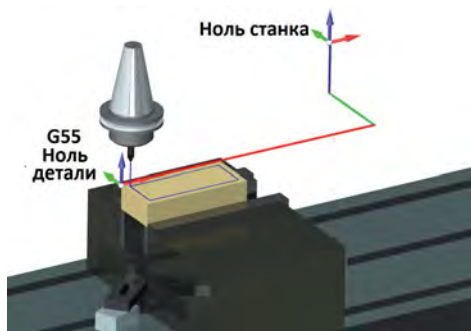


Рис. 2. Система координат станка

начала отсчета. При активации выбранной системы координат детали в указанных машинных координатах положение осей обнуляется.

Благодаря системе автоматической смены инструмента в станок загружается весь инструмент, который планируется применять для выполнения программы. Каждому присваивается номер в соответствии с инструментальной ячейкой. Однако расчетная точка (программируемая точка) и вылет из патрона (или револьверной головки) у каждого инструмента будет свой (рис. 3). Таким образом, третья система координат является индивидуальной для каждого инструмента. В разделе Tools Offset (таблица офсетов) системы ЧПУ есть несколько разделов. Первый касается вылета инструмента — корректор на длину. В нем указывают машинную координату, определяющую кончик инструмента. Для токарных резцов таких координат две — ZX, для фрез одна — Z. На станке указанные координаты определяются подводом инструмента к поверхности, положение которой относительно системы отсчета детали известно. Инструмент подводится до касания. Во время касания фиксируются машинные координаты, затем к ним добавляют расстояние от поверхности касания до нуля детали и записывают это значение в таблицу корректора на длину. В следующий раздел вносят информацию о диаметре инструмента. Также есть раздел инструментального износа. Введенные туда значения система ЧПУ будет использовать для смещения исходной траектории обработки, полученной из управляющей программы.

Естественно, такой ввод в систему координат данных инструмента занимает время и не исключает ошибок.

КАК РАБОТАЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРИВЯЗКИ ИНСТРУМЕНТА

Главная задача системы размерной настройки инструментов — исключить ошибки, возникающие при ручном проведении вышеописанного процесса, и сократить его время. Для этого поставщики таких систем предлагают комплекс из аппаратного и программного обеспечения. В первое входит датчик привязки инструмента с приемником сигнала и электронным блоком для подключения в электрошкаф станка, второе включает программное

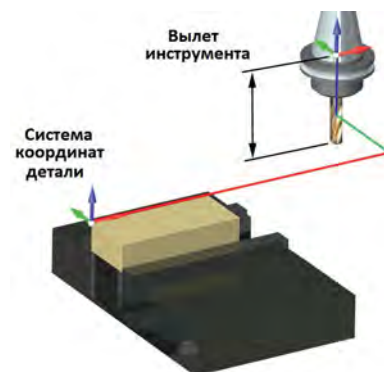


Рис. 3. Система координат инструмента


```
#1=#5043-[#122*[[#130AND32]/32]]
#2=100.
WHILE[#2GE0]DO1
G53 (M12)
IF [[[#131AND8]/8]NE0.]GOTO15
IF [#133EQ0]GOTO30
IF [#133]EQ[1-[#131AND16/16]]]GOTO30
G04X0.05
GOTO20
N15#3004=2.
G31Z[#1-0.025/#120]F10.
G53 (M12)
#3=ABS[[#5043-#122*[[#130AND32]/32]]-#1]
IF [#3GT0.015]GOTO25
G31Z[#1]F500.
N20#2=#2-1
END1
#121=110.1
M[99]
N25G31Z[#1]F100.
#3004=0
N30IF [#135NE0]GOTO35
M[99]
N35G53 (M12)
#10=0
WHILE[#10LE40]DO1
IF [#135]EQ[1-[#131AND64/64]]]GOTO40
G04X0.05
G53 (M12)
#10=#10+1.
END1
#121=108.1
```

Рис. 4. Пример макроса

Датчик, контактный или бесконтактный, представляет из себя устройство, устанавливаемое на столе или кожухе станка. После вызова инструмента из магазина станка, то есть активации его номера в системе ЧПУ, на стойке запускают цикл привязки инструмента — макрос (программа, написанная на понятном данной конкретной стойке языке макрокоманд) (рис. 4). Выполнение этого макроса включает подвод инструмента к датчику привязки до касания в автоматическом режиме. Касание для получения более точного результата выполняется несколько раз по каждой необходимой для привязки оси. Сигнал срабатывания датчика (то есть регистрация момента касания) попадает в систему ЧПУ станка через систему передачи сигналов.

Существует три типа системы передачи сигналов: с помощью кабеля, оптическая бескабельная связь (посредством инфракрасного оптического бесконтактного устройства) и радиочастотная система передачи сигнала (с помощью радиочастотного приемо-передающего устройства). Выбор конкретной системы передачи сигналов определяется типом используемого датчика и типом станка, на котором он установлен.

Таким образом, любое касание датчика отражается в системе ЧПУ. Срабатывание датчика — это фиксация текущих машинных координат инструментального суппорта (шпинделя или револьверной головки). Как обрабатывать полученные координаты, прописано в макросе. Поэтому крайне важно, чтобы описанный в нем алгоритм действий и расчетов был верным, а подходящий макрос перед измерениями был активирован. Как правило, макрос пересчитывает полученные координаты, чтобы они соотносились с нулем детали, и записывает их в таблицу офсетов. Также можно использовать макросы для учета износа инструмента и выявления его поломки.

ДАТЧИКИ ПРИВЯЗКИ ИНСТРУМЕНТА

Безусловно, на данный момент выпускается огромное количество разнообразных датчиков, каждый поставщик стремится сделать свой продукт интереснее и конкурентоспособнее, чтобы выделиться на рынке (рис. 5). Перечислим основные критерии, распространенные при первичном выборе датчика.

Во-первых, как описано выше, датчики подразделяют по типу связи с ЧПУ. Тип связи определяет целый ряд характеристик. Например, если речь идет о кабельном



Рис. 5. Два типа систем контроля инструмента

обеспечение для передачи полученных сигналов и данных в таблицу офсетов, а также инструкцию к нему.

Какой датчик выбрать, зависит от габаритов измеряемого инструмента. Как правило, в технических характеристиках датчика указывается минимальный измеряемый диаметр и так называемая повторяемость результатов измерений. Последняя определяется «близостью результатов испытаний одного и того же объекта по одной и той же методике в соответствии с требованиями одного и того же нормативного документа, в одной и той же лаборатории, одним и тем же оператором с использованием одного и того же экземпляра оборудования в течение короткого промежутка времени» (ГОСТ Р 51672). У большинства таких устройств значение данной характеристики колеблется от 1 до 5 мкм, соответственно, и точность изделия с учетом суммарной погрешности обработки будет составлять не менее, чем 0,05...0,75 мм [2].

Также существуют датчики поломки инструмента, которые дополнительно устанавливают к основному датчику привязки. Их задача быстро проверить, сломан ли инструмент. Нередко для этих целей используется лазерный тип датчика. Например, при серийном производстве в управляющую программу включается периодический вызов макроса проверки поломки: перед обработкой инструмент пересекает лазерный луч, и если он не прерывается, то управляющая программа останавливается.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ДЕТАЛИ (TOUCH PROBES)

Данные системы также включают аппаратное обеспечение в виде датчика касания с приемником сигнала и электронным блоком для подключения в электрошкаф станка. Часто это тот же блок, который используется для системы измерения и контроля инструмента. Программное обеспечение в базовой комплектации аналогично представляет из себя набор макросов. Однако у изделия гораздо больше параметров для контроля, чем у инструмента, поэтому вопрос программного обеспечения будет более подробно рассмотрен ниже.

ДАТЧИКИ

Измерение, контроль детали и базирование заготовки проводится с помощью датчиков касания, устанавлива-

подключении, то должна быть возможность разместить его так, чтобы он не мешал перемещениям и действиям в рабочей зоне, — то есть критерий доступности датчика. Существуют системы с вариативным позиционированием: «...удерживается по месту магнитными силами и может быть установлен в различных позициях на столе станка» [1].

Во-вторых, подключение

емых в шпиндель станка. Наиболее распространенная конструкция включает (рис. 6) измерительный стержень с контактным наконечником (измерительный щуп), который крепится в корпусе датчика [1]. Сам корпус содержит приемник сигналов, отсек для батареи, хвостовик в соответствии со стандартом шпинделя станка, а также разнообразные приспособления в зависимости от модели, например, сопла для очистки щупа. Конструктивной особенностью таких датчиков является так называемая ломкая вставка (рис. 7). Крепление измерительного стержня к корпусу таково, что при превышении допустимой нагрузки стержень ломается, но корпус остается целым. Наконечники для датчиков приобретаются как режущий инструмент, независимо от корпуса. И так же, как и режущий инструмент, щупы нужно подбирать в зависимости от задач, которые на них возлагаются. Они могут отличаться по назначению: прямые, звездообразные, колеччатые; по диаметру и материалу контактного наконечника; типу крепления к корпусу датчика; длине стержня; материалу стержня и т.д.

Измерение датчиками происходит в рабочей зоне станка, сам он закрепляется в шпинделе, поэтому кабельное подключение не используется. Приемник сигналов располагается на корпусе станка, при этом в зависимости от типа измерений выбирается тип передачи сигналов. Например, при измерении на поворотной оси у инфракрасного датчика может быть проблема перекрытия сигнала.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ

В области применения можно выделить два направления. Первое касается заготовки, второе — уже обработанных поверхностей изделия. В отношении заготовки датчики применяются для задач базирования: поиск и назначение нуля детали (системы координат детали, речь о которой шла выше), а также компенсация положения заготовки за счет поворота осей или поворота стола станка. Поставщиками измерительных систем разработаны стандартные методики для осуществления задач базирования. Датчик сам по себе, так же, как и инструментальный Tool Setter, служит для точной индикации ко-

ординат, о чем и отправляет информацию через систему передачи сигналов в ЧПУ. Каждая методика базирования (или цикл базирования) описана в соответствующем макросе и предполагает целые серии измерений, то есть касаний щупом поверхности заготовки (рис. 8, [1]). Например, если требуется разместить систему координат в центре верхней грани кубической заготовки, то измерения включают касание щупом верхней грани — координата по оси Z. Касание правой и левой грани вдоль оси X (а затем и Y) не дает конечной координаты, результаты сохраняются в макросе, где путем элементарных математических действий вычисляется координата средней точки, которая и попадает в таблицу офсетов нуля детали. Итак, поиск положения системы координат детали происходит в соответствии с выбранной методикой. Методики у всех поставщиков датчиков одинаковы, но макросы — различны.

Компенсация положения заготовки сводится к поиску значения угла, то есть отклонения от параллельности грани искомой оси. Щуп производит ряд касаний вдоль двух поверхностей, а уже в макросе проходят вычисления угла отклонения грани. Далее этот угол учитывается (рис. 9) или путем поворота системы координат (в управляющей программе), или путем поворота стола станка (если он оснащен этой возможностью).

Межоперационный контроль позволяет производить точное определение размеров детали (рис. 10, 11 [1]). Следует подчеркнуть важный момент относительно возможностей таких измерений: щуп всегда передает координаты, все остальные значения получаются из расчетов, осуществляемых в макросах. В связи с этим область задач межоперационного контроля, решаемых с помощью системы Touch Probes, ограничена применимостью стандартного комплекта соответствующих макросов (информацию о чем можно найти в прилагающемся руководстве).

Ниже представлены примеры стандартных измерительных циклов (макросов) Blum (рис. 12, [3]).

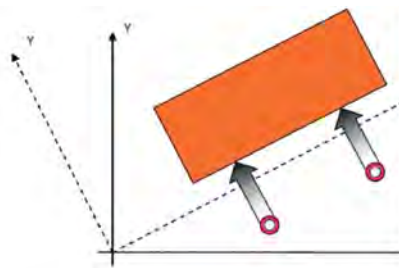
Вторым ограничивающим фактором может стать отображение результатов измерений. Оно зависит от возможностей ЧПУ. В базовом, самом простом варианте это



Рис. 6. Конструкция датчика системы измерения и контроля детали



Рис. 7. Пример установки ломкой вставки



Компенсация положения заготовки при помощи поворота осей

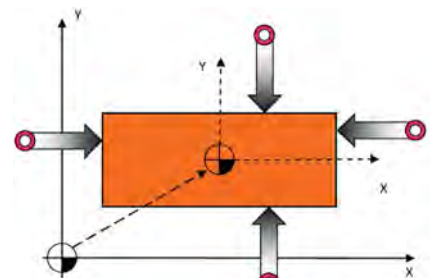
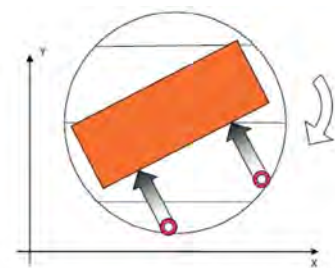


Рис. 8. Цикл поиска центра прямоугольника XY для базирования детали



Компенсация положения заготовки при помощи поворота стола

Рис. 9. Компенсация положения заготовки



Рис. 10. Межоперационный контроль изделия

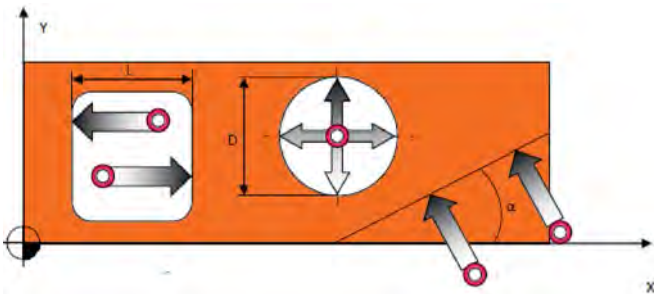


Рис. 11. Определение линейных и угловых размеров

список параметров. То есть после каждого измерения указывается, в какой параметр (они имеют номера) записать результат. Указать можно или в самом макросе, но тогда будет проблематично проводить серию одинаковых измерений, или после выполнения макроса в управляющей программе (рис. 13). Далее после измерения на стойке ЧПУ переходят в список параметров и проверяют результат. Таким образом, нужно помнить, какому параметру соответствовали те или иные измерения. Если требуется выполнять серию измерений, то можно воспользоваться функцией ЧПУ «PRINT», то есть после каждого измерения полученное значение записывать в файл на стойке, а затем проводить обработку результатов уже из файла.

Некоторые системы ЧПУ, например HAAS, оснащены встроенным интерфейсом, который включает как циклы привязки детали, так и измерительные циклы. Пользова-

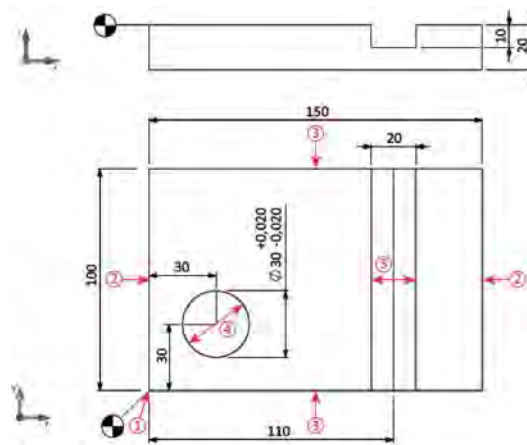
Измерение наружного диаметра
G55G65P9700A1.S50.R7.Z-5.

Измерение внутреннего диаметра по трем точкам
G55G65P9700A1.S50.H30.U150.V270.

Измерение ширины паза в направлении оси Y
G55G65P9700A1.S20.Y1.



Рис. 12. Примеры стандартных измерительных циклов Blum



```
O1 (EXAMPLE 1)
G54
G65P9703 X-5. Y-5. M1.           Activation of zero point
G65P9703 Z5. M3.                 Positioning of probe
G65P9700 X10. Y10. Z-10. W54. M3. Correction of zero point in XYZ (1)
G65P9703 X75. Y50. M3.           Positioning of probe
G65P9700 A1. S150. X1. Z-5. M3.   Workpiece measurement in X (2)
→ #150=#[#111+6]                 Result in #150
G65P9700 A1. S100. Y1. Z-5. M3.   Workpiece measurement in Y (3)
→ #151=#[#111+6]                 Result in #151
G65P9703 X30. Y30. M3.           Positioning of probe
G65P9703 Z-5. M3.                 Positioning of probe
G65P9700 A1. S30. M3.             Measurement of bore diameter 30 (4)
→ #152=#[#111+6]                 Result in #152
G65P9703 Z5. M3.                 Positioning of probe
G65P9703 X110. Y50. M3.           Positioning of probe
G65P9703 Z-5. M3.                 Positioning of probe
G65P9700 A1. S20. X1. M3.         Inside width measurement in X (5)
→ #153=#[#111+6]                 Result in #153
G65P9703 Z5. M2.                 Positioning of probe
M[30]                             Programme end
```

Рис. 13. Пример программы серии измерений с помощью системы Blum

телю не нужно запоминать номер измерительного макроса и параметра. В ЧПУ предусмотрен раздел с удобным графическим отображением, подсказками и выводом результата на экран.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (ПО)

Специальное ПО для измерений целесообразно рассматривать, если требуется часто составлять программы на серии измерений или форма контролируемой поверхности такова, что стандартные циклы становятся неприменимы. В первом случае самым простым решением будет расширить функционал используемой САМ-системы (рис. 14). По сути, измерительные циклы — это

описанная в определенном формате траектория перемещения инструмента (щупа), поэтому сегодня множество поставщиков САМ-систем предлагают соответствующий функционал.

Применение САМ-системы для составления программы измерений имеет несколько преимуществ. Во-первых, полное визуальное отображение процесса, это особенно ценно для станков с ЧПУ без специального интерфейса под измерения. К тому же даже его наличие не позволит увидеть измеряемую деталь (кроме дорогостоящих станков со встроенными САМ-системами) и провести

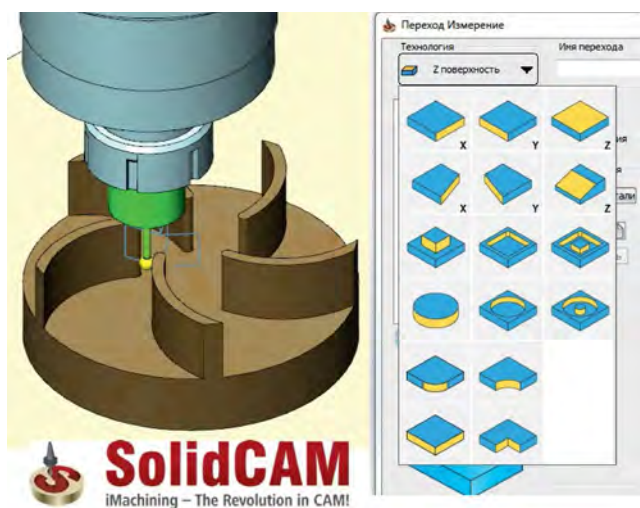


Рис. 14. Реализация циклов измерения в САМ-системе

проверку на столкновения и выход за пределы перемещений. Во-вторых, результат работы сохранится не только в виде управляющей программы, но в виде целого проекта, в который войдет вся информация: станок, щупы, деталь, оснастка, последовательность измерений и элементов и т.д. Программа будет составляться вне станка, следовательно, он не будет занят. Один и тот же проект с комплексом измерений можно применять для разных станков, изменяя постпроцессор. Также с его помощью можно настроить удобный формат вывода УП и сохранения результатов измерений. К тому же не придется осваивать что-то кардинально новое, если вы уже пользуетесь этой САМ-системой.

Существуют программы, специально разработанные для ПК или планшета, с удобным интерфейсом для программирования измерений. К такому ПО относится, например, PC-DMIS NC GAGE компании m&h.

Если же стандартных циклов для промежуточного контроля формы изделия недостаточно, то применяют специализированное ПО — САИ-системы (Computer Aided Inspection), например, Autodesk PowerInspect. От предыдущих вариантов принципиально они отличаются возможностью обратной интерпретации результатов измерений. Сама процедура включает следующие действия:

1. Загрузка и позиционирование 3D-модели контролируемого изделия в ПО.
2. Выбор щупа (описание его формы и особенностей).
3. Программирование траектории перемещения щупа и измерение сетки точек. При этом каждой точке или поверхности, которой она принадлежит, в САИ-системе назначают допуск.
4. Проверка траектории на столкновения.
5. Загрузка постпроцессора для соответствующего станка и измерительной системы.
6. Обработка траектории и получение управляющей программы.
7. Проведение серии измерений по УП на станке. УП должна предусматривать запись результатов каждого измерения в файл на стойке.
8. Файл с результатами переписывают на ПК с САИ-системой.
9. Далее файл декодируется (с помощью уже другого постпроцессора) в САИ-системе, в результате получа-

ют реальные координаты для каждой точки. САИ-система сравнивает заданные и реальные координаты, обрабатывает результаты и представляет в виде отчета и графически на 3D-модели.

ПОГРЕШНОСТЬ

Тема измерений на станке всегда порождает закономерный вопрос о погрешностях и достигаемых точностях получаемых результатов.

Точность измерения у самих датчиков в среднем в пределах трех микрон, погрешность вносит сама точность позиционирования станка, если повторяемость у станка высокая, например в 2 микрона, то 5 микрон будет наша погрешность.

Необходимая точность станков обусловлена совершенством их конструкции, погрешностями, возникающими при изготовлении деталей и сборке станка, и погрешностями, допустимыми при наладке и регулировании технологической системы. В наибольшей степени на точность обработки влияют такие погрешности станка, как кинематическая точность механизмов, погрешность позиционирования рабочих органов станка и т.п. Кроме этого, важным является уменьшение чувствительности станка к внешним и внутренним воздействиям (силовым, тепловым и т.п.). По мере изнашивания начальная точность станка меняется. Поэтому следует осуществлять контроль, осмотры, проверку точности и периодическое регулирование узлов станка, которые обеспечивают длительное сохранение требуемой точности.

Точность позиционирования рабочих органов определяется не только точностью самого станка, но и зависит от типа системы ЧПУ (конструкции, места установки импульсного преобразователя ИП, точностных параметров ИП и т.д.). Так, при использовании шагового привода погрешность перемещения рабочих органов станка определяется погрешностью отработки шаговым двигателем командных импульсов, погрешностями гидроусилителя, зубчатой передачи и передачи винт — гайка, а также погрешностями рабочего органа станка.

При применении следящего привода подачи с замкнутой схемой управления наблюдается два вида погрешностей, снижающих точность перемещений рабочих органов:

- 1) погрешности элементов привода подачи и рабочего органа, не охватываемые системой обратной связи;
- 2) погрешности результатов измерения перемещения или угла поворота рабочего органа станка измерительным преобразователем [4].

М.В. Вилкина
инженер кафедры «Технология и производство артиллерийского вооружения»
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова

Литература

1. Рекламный проспект m&h «Системы размерной настройки инструмента»
2. Аверченков В.И., Филиппова Л.Б., Пугач Л.И. Программный комплекс определения величины коррекции на инструмент для обрабатывающих центров с датчиками активного контроля // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. Выпуск 7–1. С. 70–78.
3. Документации Blum: Programming instructions
4. Аверченков А.В. Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка: учебное пособие // А.В. Аверченков, М.В. Терехов, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек. — Электрон. дан. — Москва: ФЛИНТА, 2014.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

ВЫЗОВЫ ИНДУСТРИИ 4.0 В УСЛОВИЯХ ЗНАЧИТЕЛЬНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА И НЕОБХОДИМОСТИ СНИЖАТЬ ИЗДЕРЖКИ ДИКТУЮТ МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ЗАДАЧ.

В современных условиях быстроменяющегося рынка проблемы предприятий заключаются в отсутствии возможности оперативно изменять и отслеживать выполнение производственных планов, в отсутствии инструментов оперативного управления затратами. В то же время требуется постоянно искать методы для повышения операционной эффективности. Развитие информационных систем предприятия выходит на первый план наряду с оптимизацией бизнес-процессов, внедрением инструментов бережливого производства и управления качеством. Задачи и цели информационных систем, в свою очередь, выражаются в необходимости оперативного управления производством (включая парк оборудования, персонал, материалы и т.д.), быстрого реагирования на постоянно усложняющиеся запросы производства в части оперативного планирования и управления основными драйверами затрат. Современное производство для сохранения и повышения конкурентоспособности должно обладать высокой скоростью реакции на изменяющиеся требования рынка, что, в свою очередь, предъявляет высокие требования как к процессам, так и к управленческой отчетности в виде эргономичных dashboard'ов с опциями отображения консолидированных KPI's.

Разработка и внедрение систем класса MES на площадках Концерна «Калашников» стартовали в 2015 году почти синхронно с началом проектов «Управление предприятием» (ERP), «Управление справочниками» (MDM) и ряда других. Перед предприятием стояли вызовы Индустрии 4.0 с одновременным значительным увеличением объемов производства и необходимостью снижать издержки. Проведенный в тот момент анализ рынка MES-систем показал, что представленные продукты не позволяют решить весь спектр производственных и управленческих задач, стоящих перед нами. Поэтому было принято решение разрабатывать свою систему, отвечающую нашим функциональным и инфраструктурным требованиям, с одной стороны, и обладающую унифицированной архитектурой для дальнейшего тиражирования — с другой. Сейчас, спустя три года, можно с уверенностью сказать, что это было абсолютно правильное решение.



Рис. 1. Классическая IT-архитектура предприятия

Практика показывает, что внедрение только ERP-системы на предприятии не позволяет решить проблему оперативного перепланирования производства в силу специфики систем (рис. 1). Как правило, внедрение ERP без уровня MES сопровождается увеличением количества персонала, задействованного в ручном вводе данных в систему. Решения MES направлены, напротив, на предоставление возможности операторам самостоятельно вносить данные в систему, агрегировать их и передавать во внешние системы для анализа и построения требуемой отчетности. Внедрение MES решает проблему выверки нормативно-справочной информации, очень актуальную для промышленности в целом и машиностроения в частности. На площадках «Калашникова» эта цель была одной из приоритетных. Знание фактических данных по трудоемкости технологических операций и расходу режущего инструмента позволяет выстроить процесс циклической проверки и оптимизации норм трудоемкости и расхода основных материалов. Система также позволяет выстроить обоснованное управление загрузкой оборудования и наладить контроль плановых и неплановых простоев. От привычной схемы с твердыми журналами передачи смен производство переходит к системе сигналов и заявок на ремонты.

Также повсеместно повышается приоритет задачи по созданию интегрированных IT-решений, которые позволяют использовать в качестве исходных данных информацию из систем контроля оборудования (SCADA) и информацию из ERP и PLM систем в качестве граничных условий для построения оперативных планов. При этом требуется всесторонняя интеграция с основными IT-системами. Например, довольно часто возникает потребность в синхронизации обычно разрозненных SCADA, MES и IT-системы технического обслуживания и ремонта оборудования (если таковая вообще есть на предприятии). Постоянно меняющиеся производственные условия и бизнес-процессы требуют применения современных технологий в оперативном управлении.

Смежная область проблем, связанных с вызовами Индустрии 4.0, охватывает вопросы повышения мобильности информационных систем и IT-инфраструктуры в целом. Стандартным требованием практически к любой информационной системе наряду с ее целевыми функциями, стабильностью, безопасностью и удобством использования становится мобильность. Зачастую заказчик готов принять решение в пользу более дорогостоящего IT-продукта благодаря идеально проработанному мобильному интерфейсу при прочих равных условиях.

В ходе проектирования, разработки и внедрения системы мы выработали подход и создали решение, которое позволяет взять производственные процессы под контроль: от создания производственных расписаний (календарей) до контроля выполнения заданий рабочими и подетального (штучного) учета. Система построена таким образом, чтобы каждый участник производственного процесса, от оператора до диспетчера, имел собствен-



Рис. 2. Типы производственного оборудования и периферия MESPERC

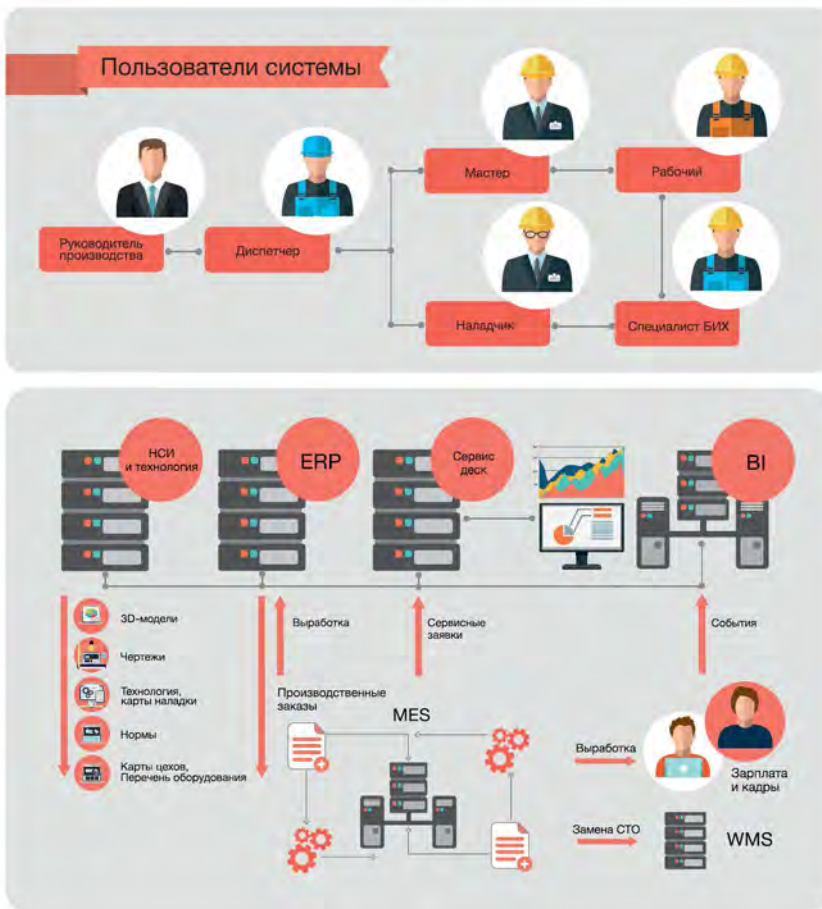


Рис. 3. Архитектура и роли пользователей в MESPERC



Рис. 4. Пример расчета оперативного плана в MESPERC

ный рабочий кабинет, доступный через электронные терминалы (киоски) и планшеты в цехах, а также ПК (рис. 2).

- В кабинете Оператора регистрируется выполнение технологических операций, указываются причины простоев оборудования, запросы на переналадку. Также доступны отчеты по индивидуальной выработке за выбранный период.

- Наладчик обрабатывает запросы на переналадку и также регистрирует факт в системе.

- Функция Мастера — контроль над выполнением операций на участке и подтверждение выполненных заданий.

- В кабинете Диспетчера осуществляется оперативное планирование в ручном или автоматическом режиме в зависимости от специфики работы участка.

- Кабинет Инженера по инструменту предназначен для обработки заявок от наладчиков и операторов на получение и сдачу режущего инструмента и оснастки.

Другое концептуальное решение — проработанный заново дружественный и функциональный интерфейс (минимум кликов — максимум действий). Это очень важный фактор, позволяющий минимизировать риски отторжения нового IT-решения на этапе внедрения и поддержки.

Система существенно упрощает работу сотрудников: оператор получает задания в соответствии с принятым планом, может просматривать чертежи и 3D-модели ДСЕ, уведомлять о необходимости ремонта, наладки, замены инструмента. Мастер получает инструмент для управления и контроля производственного процесса, а также всю необходимую информацию для оперативной реакции на изменения (рис. 3).

Наши инновации:

- 1. Универсальность.** В системе реализованы различные режимы работы, обеспечивающие постепенный рост культуры производственных процессов от «хаоса» к сменно-суточным заданиям и автоматическому планированию. Благодаря такому подходу система может использоваться на предприятиях с разным уровнем производственной культуры. Система не предъявляет высоких входных требований к существующим на предприятии бизнес-процессам. Предприятие может их постепенно совершенствовать параллельно с внедрением системы. Например, на отдельных пилотных производственных участках может внедряться режим автоматического планирования, в то время как на остальных участках может продолжать действовать режим ручного распределения сменно-суточных заданий.

- 2. Алгоритм расчета производственных расписаний.** Большую часть задач

по расчету производственных расписаний система берет на себя. Приложение-планировщик предназначено для решения задачи оптимального планирования потока работ по станкам, учитывая при этом множество граничных условий, таких как приоритет, режимы работы, плановые ремонты, альтернативные технологии и т. д. Данный подход позволяет сократить простои оборудования и время, затрачиваемое на ремонт и наладку, — а это именно те ключевые факторы, которые определяют эффективность производственного процесса и скорость окупаемости дорогостоящего оборудования.

Для деталей и заданий может быть указан план запуска и/или запуска-выпуска, доступность оборудования может быть ограничена в заданное время. Дополнительно может быть указан календарный план смен (времена доступности для работы).

Задачи такого типа имеют экспоненциальную сложность относительно числа заданий и числа станков, что приводит к значительным затратам времени на пересчет оперативных планов. Нам удалось найти и реализовать полиномиальное решение с учетом всех оптимизаций. Это позволило построить алгоритм, обрабатывающий реальную задачу планирования работы одного участка не более 1–2 секунд. На практике это дает возможность перепланировать работу участка в режиме реального времени по определенным настраиваемым событиям, например, отставание/опережение от плана более определенного лимита по времени. Это означает, что на каждом шаге производится анализ факта и изменение расписания в соответствии с технологией производства (рис. 4).

В настоящее время идут работы по развитию системы в разных направлениях:

- создание ядра модуля планирования, способного решать задачу планирования в реальном времени в масштабах всего производства;
- модуль управления качеством;
- машинное обучение и интерактивная помощь при формировании оперативного плана.

В качестве подтвержденных эффектов от внедрения MES и смежных систем (Service Desk, BI) можно привести снижение внеплановых простоев оборудования в 3 раза на предприятии с парком в 3000 единиц, повышение средней загрузки станков с ЧПУ на 12–15% (абсолютных), отказ от необоснованного приобретения двух новых фрезерных станков за 1,5 года активной фазы проекта.

По результатам маркетингового исследования рынка промышленной автоматизации компанией MarketandMarkets, общий объем мирового рынка MES-систем в 2015 году оценивался в \$7,63 млрд с прогнозом роста вплоть до 2022 года, с годовым темпом в 13,6%. Отечественный рынок MES-систем занимает малую долю в общемировом объеме в данной отрасли, но, следуя общемировой тенденции, ежегодно будет прибавлять в своем росте. Поэтому мы выделили наши компетенции в этой области под брэндом MESPACE и ведем переговоры о сотрудничестве с крупными машиностроительными холдингами.

Вячеслав Бухаров,
 руководитель по внедрению
 производственных систем,
 bva@mespace.io
 www.mespace.io



- ✓ *Комплектующие лучших мировых производителей, ЧПУ и сервоприводы "Mitsubishi"*
- ✓ *Поддержка изготовителя на протяжении всей жизни станка*

 ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
 СТАНКИ С ВОЛОКОННЫМИ
 ЛАЗЕРАМИ IPG

 ДЛИННОМЕРНЫЕ
 И КРУПНОФОРМАТНЫЕ
 ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ

 ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ
 С ВОЛОКОННЫМИ ЛАЗЕРАМИ
 IPG МАЛОЙ МОЩНОСТИ
 ДЛЯ РАСКРОЯ ТОНКОЛИСТОВОЙ
 И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

 ЛАЗЕРНЫЕ РАСКРОЙНЫЕ
 КОМПЛЕКСЫ С МОЩНЫМИ
 CO₂-ЛАЗЕРАМИ ROFIN-SINAR

 ЛАЗЕРНЫЕ СТАНКИ С
 CO₂-ЛАЗЕРАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
 ДЛЯ РЕКЛАМНОГО, ШВЕЙНОГО,
 МЕБЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

 СКОРОСТНЫЕ СТАНКИ
 ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ
 "РАПИД Плазма"

 КООРДИНАТНЫЕ СТОЛЫ С ЧПУ
 ПОЗИЦИОНЕРЫ

 КРУПНОФОРМАТНЫЕ
 ПЛАНШЕТНЫЕ ПЛОТТЕРЫ,
 ГРАФОПЛОТТЕРЫ,
 КООРДИНАТОГРАФЫ


ГРУППОВОЕ ПАРНОЕ ФРЕЗЕРОВАНИЕ

ОДНОВРЕМЕННОЕ ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДВУХ РАЗНЫХ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ ПО ОДНОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЕ ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫШАТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СТАНКОВ С ЧПУ.

В последнее время за рубежом на фрезерных станках с ЧПУ применяется одновременное изготовление одинаковых деталей по одной управляющей программе (УП) (рис. 1) [1]. Такая (множественная) обработка позволяет уменьшить суммарное за смену время простаивания оборудования и увеличить прибыль. В случае изготовления по одной УП двух одинаковых деталей ее можно также назвать парной обработкой [2, с. 22].



Рис. 1. Множественная обработка на фрезерном станке с ЧПУ

Для типичной парной обработки на фрезерном станке с ЧПУ требуется два станочных приспособления (обычно станочные тиски) и их тщательная совместная установка на столе станка. Поэтому такая обработка не всегда осуществима на небольших станках. Для преодоления этого было предложено для множественного фрезерования использовать общую заготовку [3 с. 15]. При парном фрезеровании ее можно назвать парной заготовкой [2, с. 22]. В этом случае требуется одно станочное приспособление, и такую обработку можно выполнить на небольшом фрезерном станке с ЧПУ.

Парное фрезерование можно также реализовать и по групповой технологии [4, с. 36], когда одновременно обрабатываются две разные по конфигурации детали, принадлежащие одной классификационной группе. Работа по групповому методу предусматривает закрепление за данным станком обработки определенной группы деталей.

Для подтверждения этой возможности в настоящей работе выполнено проектирование и моделирование групповой парной обработки на фрезерном станке с ЧПУ в отечественной CAD/CAM/CAPP-системе ADEM VX 9.05 для учебных заведений для случая отдельных заготовок и случая общей (парной) заготовки. Система ADEM [5] является единым продуктом и содержит несколько различных предметно-ориентированных САПР под единой логикой управления и на единой информационной базе.

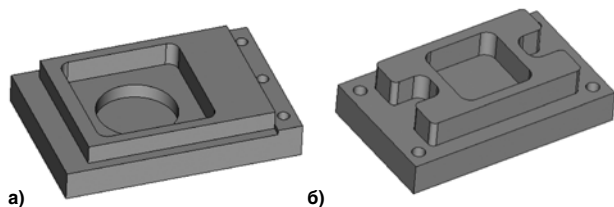


Рис. 2. 3D-модели парного изготовления деталей: а) первая деталь; б) вторая деталь

В модуле CAD системы ADEM были спроектированы и построены трехмерные модели двух корпусных деталей (рис. 2, а, б). Габариты первой детали: 240×160×50 мм, габариты второй детали: 200×120×55 мм. Для дальнейшего проектирования двух вариантов групповой парной обработки в ADEM CAD было выполнено совмещение 3D-моделей по оси x и совмещение 3D-моделей по оси y. Совмещения сделаны с точностью 1 мкм.

Совмещение по оси x (рис. 3) выполнено для варианта парного фрезерования с отдельными заготовками. Для этого случая расстояние между деталями составляет 300 мм.

Совмещение 3D-моделей по оси y (рис. 4) выполнено для варианта группового парного фрезерования с общей заготовкой. В этом случае расстояние между деталями составляет 30 мм.

В качестве заготовок для варианта групповой парной обработки с отдельными заготовками были выбраны обработанные со всех сторон две стальные пластины с размерами ДхШхВ: 240×160×50 мм и 200×120×55 мм. Для этого варианта обработки требуется два станочных приспособления.

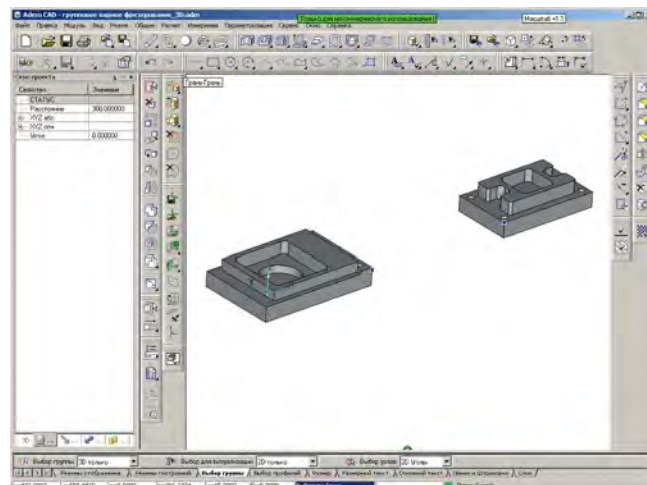


Рис. 3. Совмещение 3D-моделей по оси x

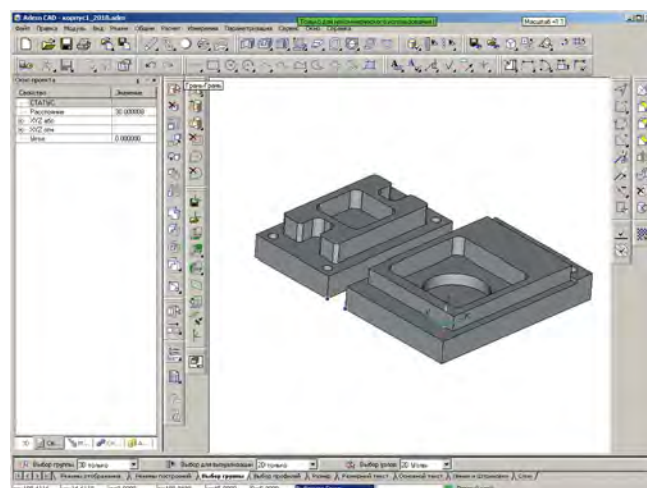


Рис. 4. Совмещение 3D-моделей по оси y

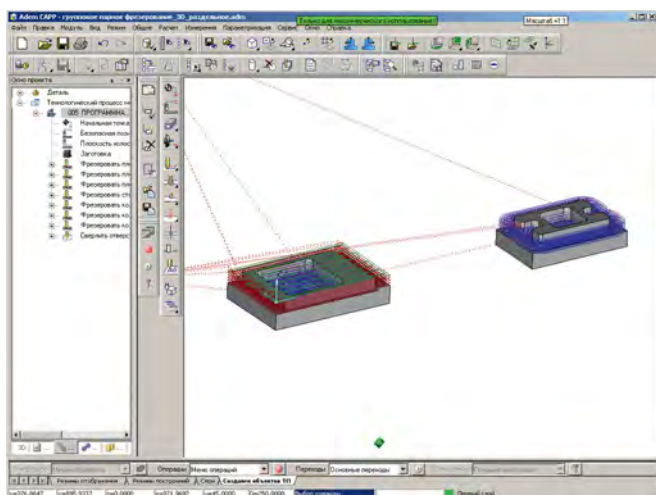


Рис. 5. Маршрут и траектории групповой парной обработки с раздельными заготовками

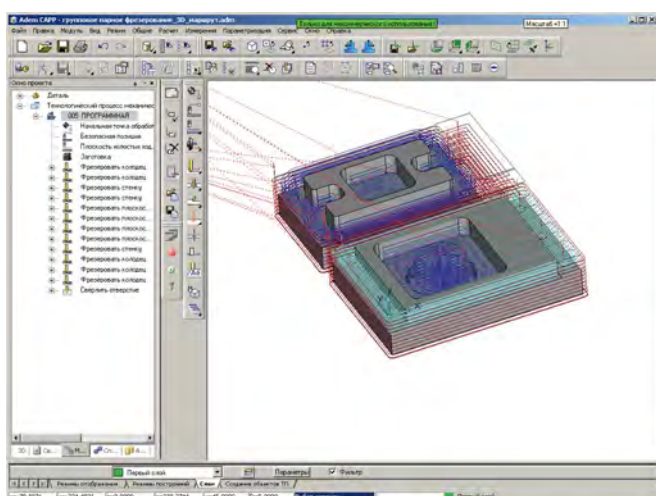


Рис. 6. Маршрут и траектории групповой парной обработки с общей заготовкой

Для второго варианта парной обработки была выбрана обработанная с нижней стороны стальная пластина с размерами Д×Ш×В: 242×312×56 мм. Получение готовых деталей в обоих вариантах обработки осуществляется за один установ.

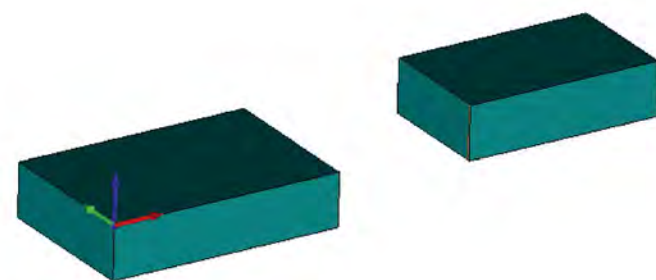


Рис. 7. Заготовки перед групповой парной обработкой

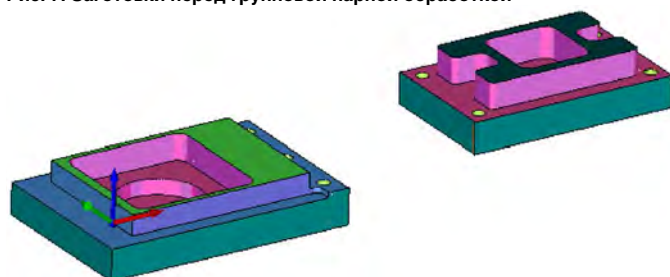


Рис. 8. Результат обработки

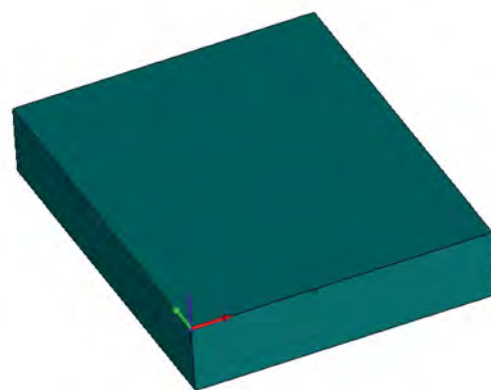


Рис. 9. Общая заготовка перед групповой парной обработкой

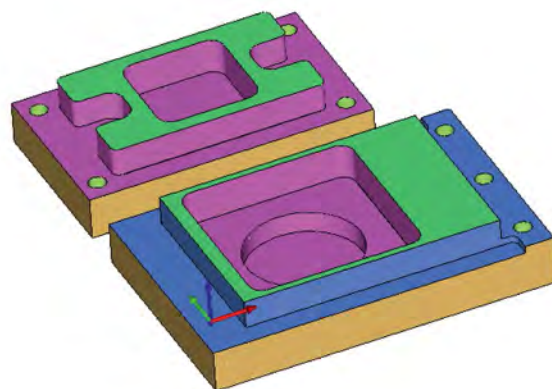


Рис. 10. Результат обработки

В модуле CAM системы ADEM выполнено проектирование двух вариантов группового парного фрезерования. Маршрут и траектории обработки для случая раздельных заготовок показаны на рис. 5. Для случая общей заготовки маршрут и траектории обработки показаны на рис. 6.

В ADEM CAM выполнено также объемное моделирование каждого варианта группового парного фрезерования. На рис. 7 показаны заготовки перед началом обработки для случая обработки с раздельными заготовками, а на рис. 8 — результат такой обработки.

На рис. 9 показана заготовка перед началом обработки для случая групповой парной обработки с общей заготовкой, а на рис. 10 — результат обработки.

Полученные результаты показывают возможность проектирования групповой парной фрезерной обработки, повышающей загрузку фрезерных станков с ЧПУ. Вариант с общей заготовкой несложен в реализации и вполне доступен для небольших станков.

Евгений Кондратьев, к. т. н.,
доцент кафедры оптических и биотехнических систем и технологий Физико-технологического института РТУ МИРЭА
 E-mail: ekon@rambler.ru

Литература

1. Crash Course in Milling. — URL: <http://www.glacern.com>
2. Кондратьев Е.М. Множественная парная обработка на фрезерном станке с ЧПУ // Актуальная наука/ 2018. № 2 (7). С. 21–25.
3. Кондратьев Е. Множественное фрезерование с общей заготовкой // РИТМ машиностроения. 2016. № 8. С. 15–16.
4. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. — Т. 1. Организация группового производства. 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. — 407 с.
5. ADEM. — URL: <http://www.adem.ru>

СОЖ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО РЕЗАНИЯ

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧНЫЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ (СОЖ) ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ТОНКО НАСТРОЕННЫЕ СМЕСИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, И ОТ ТОГО, КАК ОНИ ПОВЕДУТ СЕБЯ В КОНКРЕТНОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ, В БОЛЬШОЙ СТЕПЕНИ ЗАВИСИТ РЕЗУЛЬТАТ ОБРАБОТКИ.



Рис. 1. СОЖ различного состава

Прежде чем перейти непосредственно к теме, попробуем разобраться, что такое высокоинтенсивное резание.

Чем является процесс резания металлов, для нас относительно понятно. Оговорка «относительно» неслучайна, поскольку на то, чтобы полностью понять, что происходит в зоне резания, какие осуществляются процессы, как они друг на друга влияют и что их вызывает, можно потратить всю профессиональную жизнь. А в рамках понимания темы статьи мы сосредоточимся на понятии «интенсивность». Существует несколько определений этого термина в зависимости от контекста, наиболее подходящее из которых представлено ниже.

Интенсивность — это напряженность работы, производства, определяемая мерой отдачи каждого из используемых факторов и ресурсов. Если опираться на это определение, то в рамках нашей темы вырисовываются два направления:

- высокая интенсивность при обработке труднообрабатываемых материалов;
- высокая интенсивность как сумма составляющих процесса резания, ключевым слагаемым которой является высокая скорость резания.

Что касается первого направления, то когда мы говорим о труднообрабатываемых материалах, мы чаще всего имеем в виду:

- сплавы титана в силу низкой теплопроводности, что влечет за собой повышение температуры в зоне резания, и в силу образования сливной, длинной стружки, для которой затруднено стружкодробление;
- нержавеющие стали, для обработки которых необходимо прикладывать относительно высокие силы резания, а для аустенитной и дуплексной стали также затруднено стружкодробление;
- жаропрочные сплавы на основе железа, никеля и кобальта, для обработки которых требуется еще более высокая сила резания.

Каждая из этих групп имеет свои особенности в обработке и, соответственно, требования к составу СОЖ, однако в рамках обсуждения эффективности СОЖ при высокой интенсивности резания нас прежде всего инте-

ресует отвод тепла и стружкодробление. Обусловлено это тем, что механическая работа резания, являясь в общем случае производением силы резания на проходимый резцом путь, почти полностью переходит в теплоту, а температура режущего инструмента критически зависит от времени контакта с ним стружки. Современным решением при обработке таких материалов является подача СОЖ точно в определенную область под высоким давлением (70–80 бар и выше), что способствует более эффективному отводу тепла, подъему стружки, стружкодроблению и более эффективной эвакуации стружки. Уточним, что точно определенная область подачи в нашем случае находится между передним углом инструмента и стружкой.

В системах прежних поколений реализован способ подачи СОЖ поливом или напорной струей через внешние (не находящиеся в инструменте) каналы с соплами определенной формы. При обработке сплавов с низкой теплопроводностью это может стать причиной образования паровой подушки, которая фактически изолирует зону резания, не позволяя рассеиваться теплу. Системы подачи СОЖ под высоким давлением как раз решают эту проблему, создавая давление, не допускающее образования паровой преграды и позволяющее достаточно быстро отводить тепло из зоны резания (рис. 2, 3).



Рис. 2. Фреза с внутренними каналами подвода СОЖ

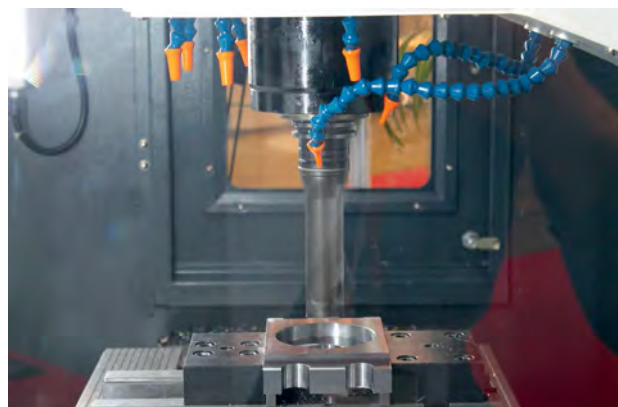


Рис. 3. Внешняя подача СОЖ

Такое решение сейчас довольно широко используется благодаря появлению современных обрабатывающих центров, оснащенных насосами высокой производительности, а также современной оснастке и инструменту с внутренними каналами подвода СОЖ и с точно выверенным расположением и сечением выходных отверстий этих каналов.

Какое отношение все сказанное выше имеет к самой смазочно-охлаждающей жидкости? Современные технологичные СОЖ представляют собой тонко настроенные смеси химических веществ (рис. 1), и вопрос в том, как поведут себя такие смеси в описанных выше условиях, а также насколько эффективно та или иная СОЖ будет отводить тепло из зоны резания при прочих равных условиях. Не вдаваясь в вопросы термодинамики жидкостей, отметим, что на охлаждающую способность СОЖ существенное влияние оказывают не только ее теплоемкость и теплопроводность, но и способность СОЖ к смачиванию металлической поверхности, поскольку при относительно высоких скоростях резания и температурах жидкости просто может не входить в контакт с поверхностью инструмента из-за низкой смачивающей способности или образования паровой подушки.

В таких условиях самый очевидный способ повысить охлаждающую способность — это применение СОЖ в виде водных растворов, то есть синтетических продуктов на основе водорастворимых полимеров. На это есть две причины. Первая — смачивающая способность синтетических СОЖ значительно превышает таковую для СОЖ с содержанием минерального масла.

Напомним, что смачивающая способность жидкости оценивается по краевому углу смачивания, который выражается через соотношение поверхностных натяжений на границе раздела фаз «твердое тело/газ», «твердое тело/жидкость», «жидкость/газ». Диапазон значений краевого угла смачивания для СОЖ с содержанием минерального масла через 5 секунд после нанесения на поверхность составляет от 42° до 80°. Через 30 секунд — от 30° до 70°. В качестве примера мы можем привести значения этого угла для продукта Castrol Syntilo 9954: они составляют 22° и 17° соответственно. Безусловно, улучшить эту характеристику можно и в так называемых минеральных СОЖ, вводя в них соответствующие поверхностно-активные вещества. Однако мы еще не рассмотрели влияние на СОЖ современных систем подачи под высоким давлением, о которых говорили выше. Суть в том, что при давлениях подачи от 70 бар и выше на практике предприятия металлообработки весьма часто сталкиваются с явлением, которое чревато снижением эффективности как смазывания, так и охлаждения, а именно с пенообразованием (рис. 4).



Рис. 4. Пенообразование в процессе резания

При этом поверхностно-активные вещества, как правило, способствуют пенообразованию — это известное свойство ПАВ, которое так желательно для многих продуктов бытовой химии. Синтетические СОЖ на основе водорастворимых полимеров — и это вторая причина для их применения — имеют гораздо меньшую склонность к образованию пены, что делает их практически безальтернативным вариантом в описанных выше условиях.

Кроме того, они способны работать с дистиллированной или деминерализованной водой без рисков повышенного пенообразования даже при относительно высоких давлениях подачи. Это весьма полезно, когда на предприятии организована водоподготовка с применением установок обратного осмоса или ионообменных колонн, и после того, как из воды удалены практически все соли, включая соли жесткости, возникает необходимость введения солей кальция и/или магния в воду, чтобы избежать проблем с пенообразованием, а это отдельный этап технологического процесса.

Следующее направление — высокая интенсивность как сумма составляющих процесса резания, ключевым элементом которой является высокая скорость резания. В технологии под названием «высокоскоростная обработка» (HSM — High Speed Machining) такой подход реализован в самой полной мере. Другой применяемый термин для этой технологии — «высокопроизводительная обработка» (HPM — High Productivity Machining). Причем два этих термина обозначают несколько разные пути реализации этой технологии, чуть позже рассмотрим какие.

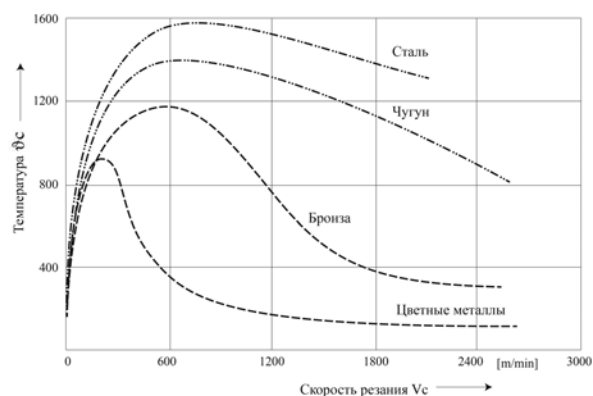
Целесообразность этой технологии впервые была экспериментально показана Карлом Саломоном еще в 1931 году. Результатом исследований, выполненных им на стали со скоростью резания 440 м/мин, бронзе (1600 м/мин), меди (2840 м/мин) и алюминии (до 16500 м/мин), явился тот факт, что начиная с определенной скорости растущая до этого температура в зоне резания начинает снижаться. Понятно, что на токарных или фрезерных станках того времени такие скорости получить было невозможно, поэтому Карл проводил свои исследования на круглых пильных дисках большого диаметра, основываясь на формуле:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

где V_c — скорость резания, м/мин; d — диаметр диска, мм; n — частота вращения диска, об/мин.

Результаты, полученные этим исследователем, отражены на рис. 5 и носят название «кривые Саломона».

Сейчас кривые Саломона дают ни много ни мало теоретическое обоснование высокоскоростной обработки



Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания

Рис. 5. Кривые Саломона

как весьма эффективного в некоторых применениях процесса. Из графиков следует, что при скорости резания в 5–10 раз выше условно «обычных» температура в зоне резания уменьшается. Почти двадцать лет спустя исследования были продолжены и, поскольку станков для таких скоростей резания по-прежнему не существовало, начался период баллистических испытаний. Они выполнялись либо путем пропускания инструмента по образцу заготовки с помощью снаряда, либо путем запуска заготовки в форме снаряда по неподвижной режущей кромке. И только после появления высокоскоростных шпинделей в начале 80-х годов стало возможным не просто продолжить фундаментальные исследования в этой области, но и начать эксперименты по практическому применению их результатов.

В 1977 году впервые стало возможным проверить результаты всех предыдущих исследований на реальных фрезерных станках, обеспечивающих скорость резания до 1980 м/мин. Эти новые испытания кроме подтверждения результатов предыдущих также показали значительное улучшение качества поверхности. Другим важным результатом этих испытаний было то, что при высоких скоростях резания доля тепла, отводимого из зоны резания вместе со стружкой, стала значительно больше, что отчасти объясняет форму кривых Саломона. В 30-х годах провести подобные измерения не представлялось возможным, и, надо полагать, форма кривых объяснялась лишь теоретическими предположениями.

Сегодня имеется широкий спектр станков, специально предназначенных для высокоскоростной обработки. Более того, сейчас стандартные машины стали быстрее. Скорость вращения шпинделя порядка 20000 об/мин и скорости подачи порядка 25 м/мин становятся вполне обычными.

Далее технология высокоскоростной обработки разделилась на два направления: скоростная обработка (HVM — High Velocity Machining) в нижнем диапазоне скоростей HSC, где важна относительно высокая глубина резания (кстати, именно этот метод чаще всего называется HPM — High Productivity Machining), а также собственно высокоскоростная обработка (High Speed Machining) с глубиной резания в пределах от 0,1 мм до 0,3 мм, но с еще более высокой скоростью резания и подачей порядка 40–60 м/мин и выше. Отмечу, что улучшение качества поверхности наблюдается именно при такой относительно низкой глубине резания.

Первое направление, где оба метода могут быть полезны, — это обработка алюминия в автомобильной промышленности, поскольку эта отрасль часто нуждается в быстром удалении больших объемов металла. Здесь может применяться и HVM (HPM), и HSM. Второе направление — авиационная промышленность, где обрабатываются протяженные детали из сплавов алюминия и титана, часто с тонкими стенками. Еще одно направление — это производство пресс-форм. В этой отрасли важно работать с высокой производительностью и при этом поддерживать как высокую размерную точность, так и качество поверхности. Также HSM весьма эффективна при производстве графитовых электродов и в обработке сплавов меди. Если же говорить о конкретных операциях обработки резанием в качестве приложения для технологии высокоскоростной обработки, то в большинстве случаев имеются в виду фрезерование и сверление. Использо-

вание HSM в вышеупомянутых областях может позволить уменьшить количество таких операций, как электроэрозионная обработка (Electric Discharging Machining), поскольку HSM обеспечивает вполне сопоставимую размерную точность.

И снова может возникнуть вопрос: какое отношение все это имеет к СОЖ? Дело в том, что в этой технологии применяется принципиально другой подход к подаче смазочно-охлаждающей жидкости. В большинстве случаев жидкость не подается в зону резания потоком, поскольку экспериментально выяснилось, что такая базовая функция СОЖ, как охлаждение, в высокоскоростной обработке гораздо менее востребована. Как мы говорили выше, при таких скоростях со стружкой из зоны резания отводится значительно больше тепла (около 90%), львиная доля которого как раз в стружке и генерируется в результате пластической деформации металла. То есть тепло на таких скоростях просто не успевает переходить от стружки в инструмент и в заготовку.

Другими словами, в области за пиками кривых Саломона достаточно обеспечить эффективное смазывание, чтобы минимизировать трение между стружкой и инструментом и заготовкой, причем желательнее с минимальными затратами как на саму СОЖ, так и на ее утилизацию.

Как вы наверняка догадались, мы переходим к системам MQL (Minimum Quantity Lubrication). Подача СОЖ в зону резания в виде спрея. И здесь водосмешиваемые СОЖ не применяются вовсе. Поскольку основная задача СОЖ в высокоскоростной обработке — снизить трение между стружкой и инструментом, то требуются вещества, обладающие очень хорошей смазывающей способностью. Вода, как известно, такой способностью практически не обладает. Минеральные масла? Да, но в недостаточной для этого применения степени. Кроме того, учитывая, что масляный туман так или иначе будет проникать из рабочей зоны вовне, такие вещества должны быть практически безвредными для человека, по крайней мере, по сравнению с минеральными маслами. Три линейки наших продуктов, специально предназначенных для MQL, изготовлены на основе жирных спиртов (Nuspray A), сложных эфиров жирных кислот (Nuspray E) и, наконец, растительных масел (Nuspray V). Такие основы соответствуют обоим требованиям технологии.

Итак, в рамках статьи я успел сообщить о двух решениях для высокоинтенсивного резания, которые компания Castrol может предложить отрасли. В первом случае интенсивность определялась по большей части силой резания и теплопроводностью обрабатываемого металла, а во втором — скоростью резания, и, как видите, подходы к выбору СОЖ в этих двух случаях кардинально различаются.

В заключение отмечу, что подбор СОЖ, а точнее было бы сказать — «встраивание смазочно-охлаждающей жидкости в технологический процесс предприятия», всегда требует самого тесного взаимодействия с людьми, отвечающими за результат этого процесса на каждом конкретном производстве. Выше даны лишь общие рекомендации для достаточно широких областей применения.

Александр Клепиков,
технический консультант по маслам
для промышленных предприятий «Castrol Россия»
www.castrol.com/ru

ТЕХНОЛОГИЯ CASTROL XBB

БЕЗОПАСНОСТЬ
БЕЗ КОМПРОМИССОВ
БЕЗ БИОЦИДОВ
БЕЗ БОРА



Более 100 лет Castrol производит и поставляет высокоэффективные смазочные материалы и технологические жидкости для промышленного оборудования. Инженеры Castrol осознают, какую ценность для машиностроительных предприятий представляет возможность высококачественной, безопасной, экономичной обработки металлов. Именно поэтому наши специалисты разработали широкий спектр смазочно-охлаждающих жидкостей, включая две новые линейки на базе инновационной технологии Castrol XBB.



Частицы обрабатываемого металла могут приводить к нарушению стабильности эмульсии как сами по себе, так и являясь очагами для размножения микроорганизмов. Новые продукты линейки Hysol содержат компоненты, позволяющие сохранить стабильность жидкости длительное время даже в таких условиях

Преимущества

- Не содержит хлор, бор и выделяющие формальдегид вещества
- Содержит компоненты, способствующие улучшению качества поверхности наряду с увеличением стойкости инструмента
- Отличается высокой механической и биологической стабильностью
- Характеризуется низким вспениванием (при соблюдении рекомендаций для смешения эмульсии, учитывающих качество используемой воды)
- Обеспечивает отличное смачивание
- Не оказывает влияния на поверхности оборудования и оснастки

Спецификации и одобрения: Airbus: AIMS12-10-000 (technical specification); AIMS12-1C-001 (material specification); Safran Group: D-180516-03944; BAMS 569-001 Version B



При обработке алюминия и его сплавов, включая авиационные, существует тенденция к образованию наростов на режущем инструменте и изменению его геометрии. Композиция линейки Alusol XBB, разработанная с целью увеличения срока службы инструмента, обеспечивает чистоту инструмента и деталей одновременно с улучшением качества обрабатываемой поверхности.

Преимущества

- Высокоэффективная полусинтетическая смазочно-охлаждающая жидкость
- Не содержит бор, хлор и выделяющие формальдегид вещества
- Компоненты, входящие в ее состав, способны улучшить эффективность обработки в сочетании с улучшением качества обрабатываемой поверхности
- Демонстрирует превосходную стабильность

Спецификации и одобрения: Safran Group: D-1104*6-03004

СИНТЕТИЧЕСКИЕ СОЖ CASTROL SYNTILO

Смазочно-охлаждающие жидкости Castrol с успехом используются ведущими мировыми производителями. Продукты линейки синтетических водосмешиваемых СОЖ Castrol Syntilo по биостойкости и механической стабильности значительно превосходят жидкости с содержанием минерального масла.



Высокоскоростная обработка приводит к экстремальным температурам на режущей кромке, иногда превышающим 1000 °С. Такие температуры негативно влияют как на деталь, так и на обрабатываемый инструмент. Технологии Syntilo позволяют охлаждать зону резания не хуже воды, одновременно смазывая режущую кромку, как традиционная эмульсия.

Преимущества

- pH-нейтральны, не содержат бор и выделяющие формальдегид вещества
- Специально разработаны с учетом применения в большинстве операций обработки резанием различных металлов, включая авиационные сплавы титана и алюминия
- Отличные смазывающие и охлаждающие свойства
- Низкая склонность к вспениванию даже при высоких давлениях подачи и смешивании с мягкой водой
- Значительно более стойкие к биопоражению по сравнению с СОЖ с содержанием минерального масла

Спецификации и одобрения: Airbus: 2006-19689-DCR/SP/SE; Boeing: BAC 5008; Bombardier: BAMS 569-001; Messier-Dowty; Pratt and Whitney: PMC 9398 Rev. C; Safran Group: PCS-4002

IT'S MORE THAN JUST OIL. IT'S LIQUID ENGINEERING.



СОВРЕМЕННАЯ ГАЗОПЛАМЕННАЯ ПАЙКА: ВЫБОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ

ГАЗОПЛАМЕННАЯ ПАЙКА, НЕСМОТря НА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ СУЩЕСТВОВАНИЯ, ПРОДОЛЖАЕТ ШИРОКО ПРИМЕНЯТЬСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ. МЕНЯЮТСЯ МАТЕРИАЛЫ, ИЗ КОТОРЫХ ИЗГОТАВЛИВАЕТСЯ ГОРЕЛКА, ОПТИМИЗИРУЕТСЯ СОСТАВ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ, ОДНАКО ОСНОВНОЙ ПРИНЦИП ИСТОЧНИКА НАГРЕВА ДЛЯ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ПАЙКИ – СЖИГАНИЕ ГОРЮЧЕГО ГАЗА — ЯВЛЯЕТСЯ НЕИЗМЕННЫМ.

ВВЕДЕНИЕ

Посещение российских предприятий, производящих холодильное оборудование бытового и промышленного назначения, кондиционеры и отопители, приводит к выводу, что выбор горючего газа, производителя горелки и ее дизайн осуществляется каким-то спонтанным образом, возможно, на основании существующих на предприятии традиций, а может быть, под влиянием запоминающейся рекламы. Глубокий анализ вариантов использования газовых смесей, типов горелок для пайки конкретных узлов чаще всего не производится, и на первое место выходит принцип доступности и дешевизны. А ведь газовая горелка — это основной инструмент пайки, позволяющий обеспечить качество паяных соединений, основная ответственность за которые лежит на плечах работника.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕЗАМЕНИМОСТЬ ГАЗОПЛАМЕННОГО НАГРЕВА ПРИ ПАЙКЕ

Газопламенная пайка используется как для ручной пайки штучных изделий или серий, так и для автоматизированной пайки на крупносерийных производствах. Газопламенная пайка имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими видами пайки:

- Все основные материалы, которые не разрушаются в окислительной среде и для которых могут применяться флюсы, могут быть спаяны газовой пайкой.

- Обеспечение местного нагрева.
- Настройка пламени: восстановительное, нейтральное или окислительное.
- Ручные горелки портативны.
- Практична для сложных сборок.
- Присадочный материал вводится непосредственно или может быть размещен заранее.
- Соединения, которые не годятся для самофиксации, могут быть спаяны газовой горелкой.
- Соединения с неравномерным сечением могут быть спаяны за счет перемещения горелки.
- Управление капиллярным течением припоя от холодной стороны к горячей в процессе пайки.
- Плохо собранные соединения с неподходящими зазорами могут быть спаяны искусным манипулированием горелки.
- Основные навыки легко приобретаются большинством людей.

Опыт предыдущих поколений паяльщиков показывает, что из-за невозможности обеспечения равномерного зазора в соединении трубопроводов (невозможность совмещения осей), труднодоступности соединений для пайки, наличия нескольких соединений в небольшом пространстве и необходимости мобильности источника нагрева газопламенная пайка является самым распространенным способом, а порой и единственным при пайке трубопроводов.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ПАЙКИ

Основным инструментом для газопламенной пайки является горелка. Чаще всего для пайки трубопроводов применяют инжекционные горелки, которые предназначены для сжигания горючего газа кислородом. При этом газ и кислород в зависимости от возможностей предприятия или экономической целесообразности могут подаваться из баллонов или по магистральному трубопроводу. Гораздо реже применяют газоздушные горелки, где газ сжигается сжатым воздухом вместо кислорода. Такие горелки находят применение в зарубежных странах как при ручной, так и автоматической газопламенной пайки изделий из алюминия для обеспечения мягкого нагрева.

Дизайн горелки играет большую роль при конвейерном производстве, когда рабочий должен паять большое количество соединений в единицу времени. Масса и удобство горелки влияют на утомляемость и легкость манипулирования пламенем. Кроме мощности горелки, которая определяется объемом сжигаемого газа, важна конструкция мундштучной части. Изменением конструкции мундштука можно регулировать форму пламени или обеспечивать более широкую зону нагрева. Так, например, можно осуществлять разогрев классическим пламенем с конической формой ядра, когда требуется локальный разогрев. Однако при обеспечении равномерного разогрева протяженной области соединения такая

ПАЙКА

ОБОРУДОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ОБУЧЕНИЕ



Помощь в изготовлении образцов и опытных партий изделий из низкоуглеродистой и коррозионностойкой сталей, жаропрочных и твердых сплавов, медных сплавов, алюминия и его сплавов, разнородных материалов.



Союз профессиональных паяльщиков имени С.Н. Лощманова
109383, Москва, ул. Песчаный карьер, 3
тел.: +7 (985) 210-4069,
тел.: +7 (499) 5580578
www.paika.ru, paika-spp@yandex.ru

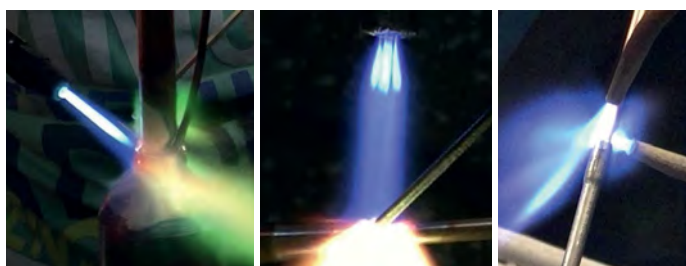


Рис. 1. Виды мундштуков газопламенных горелок: 1 — стандартный, 2 — сетчатый, 3 — двухрожковая горелка

горелка требует активной манипуляции рукой, что может привести к утомляемости и к снижению равномерности нагрева. Решением такой проблемы являются горелки с сетчатым мундштуком, факел горения которых имеет широкую форму и обеспечивает разогрев значительно большей площади поверхности соединения (рис. 1). Для сменных конвейерных производств широкое распространение получили горелки с цельнотянутым мундштуком. Это позволило снизить массу инструмента, а следовательно, увеличить легкость работы.

Для пайки трубопроводов небольшого сечения часто применяют так называемые двухрожковые горелки, которые обеспечивают горение двух факелов пламени под углом друг к другу. При пайке малых диаметров труб нет необходимости поворачивать горелку по окружности труб, достаточно движения вдоль оси, что быстро позволяет прогреть место соединения трубопроводов. Такого типа горелки применяют на конвейерах холодильных производств, где затруднен доступ к месту пайки и ограничена возможность манипуляции горелкой оператором.

ВЫБОР ГАЗОВ

В процессе пайки разогрев деталей, расплавление припоя осуществляются за счет тепла, выделяемого пламенем при сгорании горючей смеси. Последняя состоит из горючего газа и окислителя. В качестве окислителя при пайке применяют кислород и воздух. В дальнейшем будет рассмотрен в качестве окислителя только кислород, так как это дает наибольшую температуру пламени.

Газовую смесь выбирают с учетом возможностей производства, теплопроводности спаиваемых деталей и свойств применяемых припоев. Наиболее распространенными являются следующие газы: пропан-бутан, природный газ, ацетилен, МАФ и водород (таблица 1). О последнем будет сказано отдельно, т. к. газообразный водород из баллонов при пайке не используется.

Наибольшую температуру имеет пламя сгорания водорода, вторым номером идет ацетиленовое пламя. Однако пайка газопламенной горелкой не проводится при температурах более 1100°C, при пайке не требуется вы-

сокая концентрация мощности нагрева, как при сварке. Нагрев припоя должен идти в основном за счет тепла основного металла.

В связи с неудобством работы с ацетиленом, высокой его стоимостью, применяют газы-заменители: пропан, пропан-бутановую смесь, природный газ. Замена ацетилена также связана с особенностью его горения в режиме восстановительного пламени, которое является источником углерода и приводит к науглероживанию расплава припоя или осаждению сажи на поверхности основного металла.

Скорость нагрева при пайке определяется эффективной мощностью пламени, которое представляет собой количество тепла, вводимое в нагреваемый металл в единицу времени. В основном эффективная мощность зависит от расхода газа. Таким образом, регулируя расход газа, можно подобрать эффективную мощность пламени, эквивалентную мощности ацетиленового пламени. Отношение расхода горючего газа к расходу ацетилена при равной эффективной мощности называют коэффициентом замены ацетилена. Данные также представлены в таблице 1.

Следует отметить, что соотношение горючего газа и кислорода выставляется вручную рабочим, и качество пламени с точки зрения восстановительного или окислительного характера определяется на глаз.

При пайке сталей, латуней, бронз, теплопроводность которых не очень высокая, замена высокотемпературного пламени ацетилена на заменители происходит безболезненно, так как способность основного материала отводить подаваемое пламенем тепло ограничена. Нагрев изделий в таком случае происходит достаточно быстро.

Но ситуация меняется в случае пайки меди и алюминия, особенно протяженных деталей, способных легко отводить тепло от места разогрева. В этом случае увеличение расхода горючего газа приводит к снижению КПД его использования, а главное, к разогреву большой зоны изделия за счет высокой теплопроводности. То есть для уменьшения времени разогрева изделия, уменьшения зоны температурного влияния необходимо применять горючий газ с наибольшей температурой горения. Опять возвращаемся к ацетилену? Не обязательно. Есть еще более энергоемкий газ — водород, который сгорает в смеси с кислородом, полученной электролизом воды.

ЭЛЕКТРОЛИЗНО-ВОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПАЙКИ

Электролизно-водные газовые генераторы OWELD используются вместо традиционных баллонов с газом пропан/ацетилен/кислород. ООО «Технический центр «Виндэк» является эксклюзивным официальным представителем компании OXYWELD S.n.C. di Andreetta Enrico & C. (Италия) на территории России и стран СНГ и осуществляет поставки такого оборудования.

Принцип работы основан на электролизе воды на кислород и водород, смесь которых подается в горелку и сжигается с выделением большого количества тепла. Температура пламени выше температуры всех возможных углеводородных газов и составляет примерно 3600°C.

Преимуществом генераторов водородно-кислородной смеси является следующее:

- вырабатывается то количество газа, которое расходуется операторами;
- нет накопительных емкостей с газом;

Таблица 1. Свойства основных газов для газопламенной пайки

Газ	Формула	Соотношение кислорода к горючему газу	Температура пламени, °C
Ацетилен	C_2H_2	1,1	3100
Пропан	C_3H_8	3,5	2500
Природный газ	CH_4	1,0	2500
Водород	H_2	0,4	3600

- генератор OWELD не является сосудом высокого давления. Максимальное давление в системе 0,5 атм.;
- из расходных материалов потребуется только дистиллированная вода. Заполнение водой автоматическое по мере расхода воды. Расход воды: 1 литр воды = 2500 литров газа;
- один генератор может использоваться на несколько постов для пайки;
- экологичность оборудования, отсутствие вредного воздействия на глаза и органы дыхания, не загрязняется окружающая среда.

Однако следует иметь в виду, что высокая температура пламени и локализация нагрева требует умелого обращения с такого типа горелками, т.к. неправильные действия рабочего могут привести к локальному окислению металла или прожогу.

Производители оборудования утверждают, что горение водородно-кислородной смеси является идеальным пламенем в идеальной пропорции компонентов (электролизом разлагается же вода, и вода получается в результате горения). Однако в реальности все обстоит немного иначе. Реакция горения при наличии в составе смеси продуктов (вода) будет проходить не полностью. Это отмечается также и при сгорании ацетилена, где расчетное соотношение газов 1:1, а применяется соотношение кислорода к газу 1,1–1,2. В связи с этим пламя водородно-кислородной горелки имеет немного окислительный характер. На основе опыта использования аналогичного отечественного оборудования марки «Лига» смесь кислорода и водорода пропускали через емкость с органическим веществом (лучше ксилол или бензол), что позволяло сделать пламя нейтральным или слабо восстановительным. Температура при этом снижалась, но все равно превышала температуру горения других смесей.

Современные генераторы представляют собой комплекс устройств для обеспечения промышленного длительного использования оборудования, в отличие от отечественных аналогов, пригодных в основном для ремонтных периодических работ.

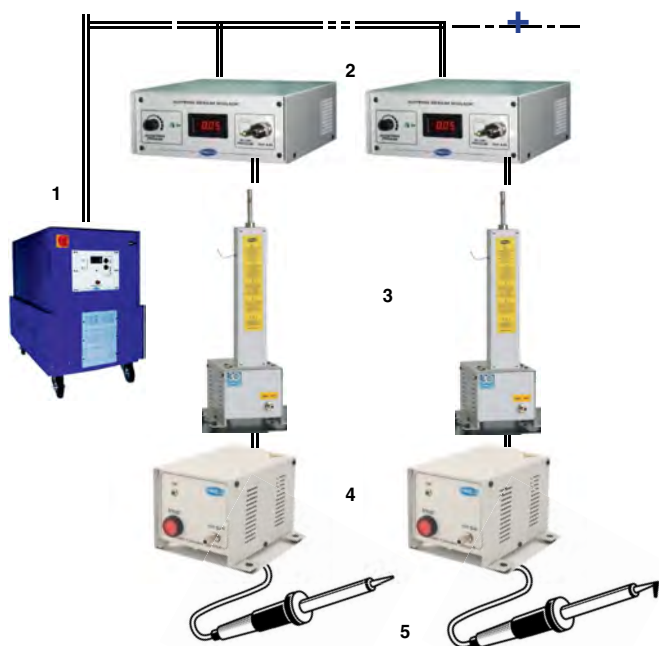


Рис. 2. Схема подключения паяльной станции: 1 — генератор, 2 — электронное саморегулирующееся устройство для поддержания давления, 3 — пусковое устройство, 4 — пламягаситель, 5 — горелки.

Кроме самого генератора смеси газов в комплект оборудования входят (рис. 2):

- Электронное саморегулирующееся устройство, в котором поддерживается давление, заданное в одной или нескольких горелках, подключенных к отдельному газогенератору.
- Пусковое устройство — электронный запальник. Обеспечивает автоматическое включение и отключение горелки путем открытия или закрытия подачи газа.
- Пламягаситель — устройство, препятствующее пробою пламени.
- Модульная опора паяльной станции.

Такая компоновка оборудования позволяет экономично организовывать рабочие места в цеху, исключить трудности с перемещением баллонов с газами. Применение пусковых устройств позволяет экономить электроэнергию при паузах в работе. Их работа аналогична работе экономизаторов рычажного типа при эксплуатации обычных газовых горелок.

Однако следует учитывать, что для прогрева крупных деталей необходимо выбирать более производительные по газу установки, т.к. подводимое тепло зависит от расхода газа. Высокая температура пламени позволяет осуществить локальный разогрев паяемых деталей из материалов с высокой теплопроводностью, например, из меди и алюминия. Это оборудование нашло применение в Европе при пайке выводов шин трансформаторов и двигателей, т.к. интенсивный нагрев позволяет быстро достичь температуры соединения, минимизируя передачу тепла в корпус изделия. В этих случаях данное оборудование конкурирует с индукционным нагревом, отличающимся высокой плотностью мощности. Также установки на основе электролизно-водных газовых генераторов нашли применение при пайке теплообменников установок промышленного холода, где, например, пайка ими медных калачей позволяет увеличить производительность процесса.

Неплохо показали себя установки OWELD при пайке медно-фосфорными припоями, латунными и серебряными припоями, а также припоями на основе силумина. С учетом интенсивного локального нагрева не рекомендуется осуществлять нагрев подаваемого прутка припоя, а также нанесенного пастообразного флюса, что может привести к изменению компонентного состава из-за термического разложения. Например, при сравнительном анализе пайки медных труб медно-фосфорными припоями на оборудовании OWELD и обычной пропан-кислородной горелкой наблюдалось заметное снижение фосфора в шве при пайке кислород-водородным пламенем. Это было связано с интенсивным перегревом припоя при попадании его в пламя горелки, теплоотводящая способность которого значительно меньше, чем медной трубы. Также наблюдается более темная поверхность медных труб после пайки, особенно при увеличении их диаметра (рис. 3). При этом структура шва и внутренняя поверхность труб совершенно идентичны.

В заключении данного раздела хочется отметить, что электролизно-газовые установки не являются полными



пропан-кислород водород-кислород

Рис. 3. Внешний вид медных труб, паянных медно-фосфорным припоем пропан-кислородным и водород-кислородным пламенем

заменителями любого газопламенного баллонного оборудования. Решение о выборе, чем паять, необходимо принимать в зависимости от многих производственных факторов, и не в последнюю очередь экономических, а также вида паяемых деталей и требований к качеству соединений, включая их внешний вид после пайки.

ЗАЩИТА ИЗДЕЛИЙ ОТ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ ГАЗОПЛАМЕННОЙ ПАЙКЕ

Внешний вид паяных соединений связан с тем, каким образом при газопламенной пайке осуществлялась защита основного материала от окисления. Вариантов решения может быть три:

- Не применяется никакая защита. Изделие в процессе пайки защищается пламенем газа. Пайка осуществляется самофлюсующимся припоем, например, медно-фосфорным. Этот способ характерен только для пайки медных трубопроводов.

- Для защиты используется флюс как дополнительный компонент. Применяется обязательно при пайке сталей, включая коррозионностойкие, алюминия, латуни и иногда меди. Флюс используется или в порошковом, или в пастообразном виде.

- Применение газофлюса. Когда активный компонент подмешивается в горючий газ и, сгорая, образует защитную пленку на поверхности основного металла.

Первый способ пайки, когда не используется никакая защита, применяется только для чистой меди, которую паяют медно-фосфорным припоем. Фосфор, содержащийся в припое, восстанавливает оксиды и позволяет припою смачивать и заполнять зазор. Швы при такой пайке получаются темного цвета, но обеспечивают прочность и герметичность, т.к. кислорода внутри паяного шва быть не может. Он остается только на поверхности меди и галтельной части соединения. Если соединение находится внутри какого-либо агрегата и закрывается от внешнего взгляда кожухом или крышкой, то можно и не заботиться о чистоте поверхности соединяемых материалов и шва. Однако если паяное соединение видно снаружи, то зачастую покупательная способность изделия определяется и внешним видом паяных швов. Здесь не имеется в виду блестящий внешний вид и полное отсутствие оксидов, главное — отсутствие пятен, равномерный цвет, пусть и не светлый. Для медных деталей, например, в электротехнической промышленности используется их погружение сразу после пайки в раствор спирта. Это приводит к достижению светлой поверхности соединения. Но во многих случаях погрузить деталь куда-либо не представляется возможным, тогда наиболее приемлемым является вариант использования газофлюса. Так как применение минеральных флюсов хоть и позволяет достичь светлых швов, но на границе зоны работы флюса основной металл будет иметь окисленный вид.

Флюсы применяют всегда при пайке сталей, латуни, алюминия. Возможны два варианта применения — в виде порошка, который наплавляется на разогретый пруток припоя или нанесен на припой в виде покрытия, а также в виде пасты, которая наносится на соединяемые поверхности. Наиболее экономичным, экологичным и безвредным для человека является вариант нанесения пастообразного флюса. Однако такой метод не всегда подходит при пайке узлов холодильной техники, потому что снижает производительность. Здесь наиболее удобным является применение офлюсованных припоев, когда флюс нанесен на поверхность припоя или находится в пазах внутри его. Иногда производители самостоятельно наносят пасту флюса на за-

СТАНКИ ДЛЯ СКОРОСТНОЙ ПРЕЦИЗИОННОЙ РЕЗКИ И РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ И РУЛОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Специально для резки трансформаторной стали и других тонколистовых металлов

СЕРИЯ
МЛ35
КОМПАКТ



 Разработано и произведено в России

Специально для резки трансформаторной стали

Поле обработки: до 1500x1500 мм и 1500x1800 мм

Резка рулонных металлов и заготовок в 1/2 листа

Волоконный лазер до 2 кВт или Nd:YAG лазер до 300 Вт

Подходит для установки в помещениях ограниченной площади

Линейные двигатели российской разработки и производства

 ГРУППА КОМПАНИЙ
ЛАЗЕРЫ И АППАРАТУРА

+7 499 710 00 53

sales@laserapr.ru

www.laserapr.ru

lia_laserapr

lia_laserapr

ранее разложенные прутки припоя, и после короткого просыхания офлюсованный таким образом припой готов к работе. Применение пасты припоя внутрь соединения при сборке обеспечивает наиболее качественные соединения особенно на нержавеющей стали.

Избыток флюса, который образуется при наборе порошка флюса подогретым припоем, не только портит внешний вид паяного соединения из-за подтеков, но и приводит к увеличенному растеканию припоя в места, куда флюс попал случайно. Также следует учитывать необходимость хорошей вентиляции из-за того, что часть флюса безвозвратно теряется в потоке газового пламени. При слабой вентиляции есть вероятность попадания частиц порошкового флюса в дыхательные органы человека.

Для пайки меди и ее сплавов лучше использовать отечественные флюсы марки ПВ209Х производства АО «АЛАРМ» или офлюсованный припой марки П14 с флюсовым наполнением. Для пайки сталей можно применять флюсы марок ФК250, ФК235 при пайке серебряными припоями и заменителями, как П81, при температурах до 900°C. При пайке латунями подходят флюсы марок ФП-1 К (не дает интенсивного свечения в пламени), ФК260, БК300. Все флюсы изготавливаются в порошковом виде и в виде паст на водной и безводной основе. Из всех флюсов легко смывается водой только БК300. Остальные требуют или механического вмешательства с водой, или резкого охлаждения соединения водой, или оставление остатков флюса, что также имеет место на некоторых холодильных производствах. Указанные флюсы хотя и относятся в основном к классу фторборатных, но имеют плохую растворимость в воде, и при эксплуатации изделий в неагрессивной атмосфере допускается их остаток на поверхности соединений. В некоторых случаях при пайке стальных трубопроводов остатки флюса можно покрыть термоусадочной трубкой, что изолирует соединение от воздуха и влаги и обеспечивает защиту от коррозии.

Флюсы для пайки алюминия цинковыми припоями и припоями СИЛ-0 отмытки не требуют, т.к. состоят из фторалюминатов, образующих после пайки устойчивое коррозионностойкое покрытие.

Газофлюс при газопламенной пайке является в России не очень распространенным материалом по сравнению с другими странами. Принцип действия газофлюса состоит в следующем. Горючий газ перед подачей в горелку пропускается через резервуар, содержащий раствор активного вещества — триметилбората. Увлекаемый потоком газа триметилборат сгорает в пламени до образования мелкодисперсного борного ангидрида, который в виде тонкого покрытия осаждается на поверхности паяемого материала и предохраняет его от окисления и способствует растеканию припоя по поверхности.

Следует иметь в виду, что газофлюс имеет ограниченную температуру работы: 780–1100°C, что определяет класс припоев, с которыми он может работать. Это серебряные припои, медно-цинковые и медно-фосфорные.

Необходимо отметить, что газофлюс давно производится в России под маркой БМ-1. Растворителем является небезопасный метиловый спирт, что накладывает определенные требования к хранению, разливке и работе с таким веществом.

Западные аналоги могут производиться как на основе метилового спирта, так и на основе ацетона и высокомолекулярных спиртов. Стоимость продукта в этих случаях

значительно выше, опасность при работе меньше. Следует отметить, что при растворителе ацетоне необходимо полностью заменить все шланги на имеющиеся тефлоновые или полиуретановые покрытия внутри, т.к. ацетон быстро выводит резиновые шланги из строя.

Безопасность использования газофлюса зависит от оборудования для дозирования газофлюса в горючий газ. Имеется два вида флюсопитателей: простые баллонного типа и сложные для организации подачи газофлюса на несколько постов пайки. Регулировка количества газофлюса оценивается на глаз по форме и свечению пламени. Следует отметить, что пламя с газофлюсом имеет сильное зеленое свечение и требует использования защитных очков со стеклами ГЗ. Это затрудняет оценку температуры разогрева детали рабочим, и он принимает решение о начале пайки по поведению припоя при внесении его в пламя или поведении флюса, используемого при капиллярной пайке.

При решении о применении газофлюса следует учитывать следующее:

- Газофлюс обеспечивает защиту основного металла только на поверхности, куда попадает факел пламени. Без дополнительного флюсования применяется при галтельной пайке труб.
- Газофлюс не может попасть в капиллярные зазоры, поэтому необходимо применять пастообразные припои для офлюсовки основного металла в зазоре при капиллярной пайке или использовать офлюсованные припои.
- Избыток газофлюса препятствует растеканию медно-фосфорных припоев.
- Для достижения оптимального результата необходимо немного увеличить расход кислорода в горелке.
- Пока не найдено решение использования газофлюса с электролизными установками.

Таким образом, газофлюс в основном применяется не для эффективного флюсования соединения в зазоре, а для защиты основного металла от окисления в зоне температурного воздействия при пайке. Это играет важную роль не только с точки зрения придания изделию товарного вида, но и обеспечения возможности дальнейшей антикоррозионной обработки поверхности, например, катафореза, когда наличие шлаковых флюсовых остатков недопустимо. В последнем случае удается избежать сложной операции удаления флюсовых остатков после пайки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная газопламенная пайка предлагает широкий выбор оборудования и горючих газов для осуществления процесса. При выборе оборудования и газа для паяльного рабочего места необходимо учитывать свойства паяемых материалов с точки зрения теплопроводности, габаритных размеров, доступности соединения для пайки горелкой. Наличие разнообразных припоев и флюсов также расширяет выбор вариантов организации процесса. Однако самым главным должно быть четкое представление о том, какие свойства соединения требуются получить в конечном счете и какого состояния поверхности соединения необходимо достичь с учетом привлекательного внешнего вида или возможности последующей обработки поверхности изделия. При этом не последнюю роль играет экономика процесса газопламенной пайки, включающей стоимость подготовительных и последующих операций.

Игорь Николаевич Пашков,
Союз профессиональный паяльщиков имени С.Н. Лоцманова

КАК И ГДЕ ОБУЧАТЬ ПЕРСОНАЛ ДЛЯ РАБОТЫ НА ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ С ЧПУ

ПРОБЛЕМА ПОДБОРА КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЕЩЕ БОЛЕЕ УСУГУБЛЯЕТСЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ, В ЧАСТНОСТИ, С ОБОРУДОВАНИЕМ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ С ЧПУ. ВОПРОС О ТОМ, ЧТО НУЖНО ДЕЛАТЬ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СИТУАЦИИ, ВОЛНУЕТ МНОГИХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВ.

За последние 100 лет человечество резко увеличило использование металлов: обычной и нержавеющей стали, алюминия и его сплавов, титана и меди. Такой бурный рост был бы невозможен без развития технологий обработки металлов, и в частности, различных видов термической резки: вначале газокислородной, затем плазменной и, наконец, лазерной.

В настоящее время оборудование и технологии термической резки доступны практически любому производству, как молодому ИП в арендованном ангаре, так и большому предприятию с историей. И перед всеми встают одни и те же вопросы: кто будет работать на оборудовании, как обеспечить его стабильную работу, как сделать применение оборудования максимально эффективным?

Не будем сейчас разделять виды термической резки на плазменную, лазерную или газокислородную. Не станем обращать внимание на существование технологий ручной резки, а перейдем сразу к самому востребованному виду: термическая резка металлов на оборудовании с ЧПУ. Итак, кто нам нужен?

1. Инженер-технолог-программист — для превращения чертежей в управляющие программы для машины термической резки в соответствии с планом производства.

2. Рабочий оператор, который непосредственно должен управлять оборудованием.

3. Специалист по поддержанию оборудования в исправном состоянии.

В соответствии со сложившейся системой образования в нашей стране мы должны ожидать, что инже-



нера подготовят в техническом вузе, рабочего оператора в ПТУ или колледже, а наладчика — в колледже или в вузе. Причем подготовлены все эти специалисты будут как раз по технологии и оборудованию для термической резки. Однако в действительности все совсем не так, как мы предполагаем.

Начнем с самого простого — оператора станка для термической резки с ЧПУ. В связи с тем, что система подготовки рабочих со времен СССР сильно упростилась, система разрядов имеет скорее рекомендательный характер, а не силу закона.

Конечно, существует «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих» (ЕТКС), состоящий из тарифно-квалификационных характеристик, содержащих характеристики основных видов работ по профессиям рабочих в зависимости от их сложности, и соответствующих им тарифных разрядов, а также требований, предъявляемых к профессиональным знаниям и навыкам рабочих. На деле же ЕТКС — это перепечатка справочника Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 1985 года, в том числе и с устаревшими характеристиками! Эта увесистая книга применяется не для оценки уровня навыков рабочих, а для начисления им уровня заработной платы. Присвоение очередного разряда носит фиктивный характер, поскольку главная задача — это повышение оклада у рабочего с целью удержать его на рабочем месте.

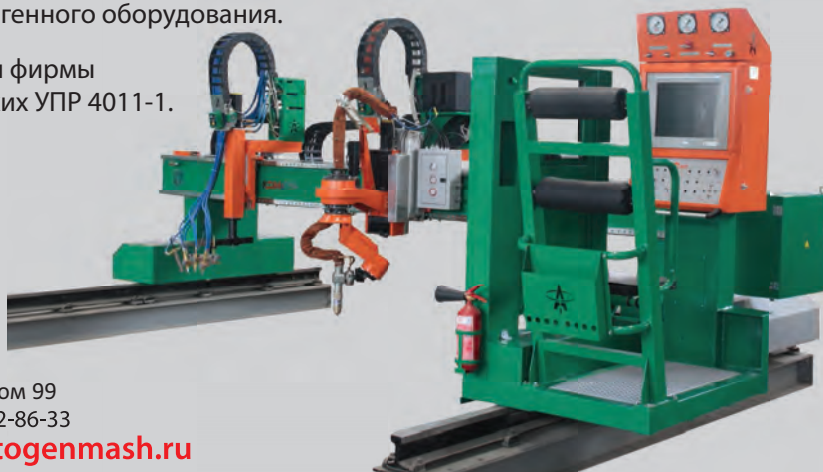
Сегодня мы имеем ситуацию, когда выпускник ПТУ в лучшем случае получает квалификацию от 1-го до 3-го разряда, но наличие документа не гарантирует знаний

- **Производство машин** для лазерной резки ZENIT, для термической резки «ПИЛОТ», для гидроабразивной резки «Марина», для плазменной резки «Метеор», переносных «Радуга М», газорезущих по копиру «АСШ-70 М», а также криогенного оборудования.
- **Поставка машин** плазменной резки фирмы Hyperterm, Victor, Kjellberg, российских УПР 4011-1.
- **Капитальный ремонт** машин для термической резки.



Россия, 170028, г. Тверь, ул. Коминтерна, дом 99
Тел.: (4822) 32-86-44, 32-86-55, факс (4822) 32-86-33

E-mail: mail@autogenmash.ru www.autogenmash.ru



и навыков для работы с чем-то кроме ручного газокислородного или плазменного резака. И это при том, что газорезчик начиная со 2-го разряда должен уметь осуществлять работы «Кислородная и воздушно-плазменная прямолинейная и фигурная резка в вертикальном и нижнем положении металла, простых деталей из углеродистой стали по разметке вручную на переносных и **стационарных газорезательных и плазменно-дуговых машинах**».

Действительно, а где будущему специалисту научиться пользоваться оборудованием для термической резки с ЧПУ, если для ПТУ такая установка очень дорога, занимает много места и к ней предъявляются особые требования по эксплуатации? Все правильно, рабочий-оператор установки плазменной, газокислородной или лазерной резки получает минимально необходимый по ТБ документ о квалификации (обычно 3-го разряда), а затем уже работодатель ставит его управлять сложным и дорогим станком.

В лучшем случае молодой рабочий будет некоторое время работать совместно с более опытным специалистом как ученик, но уровень его подготовки будет равен уровню учителя. А как появляется опытный оператор, если ему не довелось поучиться у наставника?

• Работодатель выдает оператору набор инструкций на оборудование для самостоятельного изучения. В большинстве случаев инструкции написаны инженерами для других инженеров и самостоятельно научиться управлять оборудованием по ним будет очень сложно. К тому же в инструкциях очень мало написано про технологические тонкости и особенности применения режущего оборудования.

• Если повезет, то можно поучиться у наладчиков производителя оборудования в момент монтажа на предприятии работодателя. Они обладают необходимыми знаниями и навыками. Однако данное общение ограничено по времени.

• Самый распространенный способ: нажимать на разные органы управления и смотреть, что происходит. Как правило, оборудование не позволяет сломать себя сразу. Однако после нахождения некоторых рабочих комбинаций, которые позволяют выполнять резку деталей с нужной для работодателя производительностью и хоть каким-то качеством, интерес к освоению оборудования и технологий пропадает.

• Для получения углубленного уровня знаний мог бы помочь интернет с его форумами, видео и сайтами производителей, но не всякий сможет отделить рекламу и откровенную некомпетентность от действительно полезной информации.

• Можно за деньги работодателя отправиться на специализированные курсы у производителей оборудования, на котором надо работать, или, что бывает реже, в специализированные учебные центры.

Нетрудно заметить, что оператор оборудования для термической резки с ЧПУ — это самоучка и уровень его навыков в большой степени зависит от его личностных качеств, т. к. приобрести знания и умения он может только во время работы.

Инженер-технолог по технологии термической резки на оборудовании с ЧПУ должен решать две задачи: определять и контролировать технологические параметры резания и обеспечить оборудование управляющими программами (УП). Т. е. он должен иметь:

1. Знания технологий термической резки, физические принципы, особенности применения, ограничения.

2. Развитый навык работы с компьютерными конструкторскими программами.

3. «Чувство металла», т. е. понимание как меняется заготовка или деталь в процессе термической резки, соответственно методы и способы противодействия термическим деформациям.

4. Знания об организации производственного участка термической резки с точки зрения логистики, ТБ, исполнения рабочего процесса, производительности, документооборота.

5. Знания о взаимном влиянии операции термической резки на предыдущие и последующие технологические операции, например, сборку-сварку или механическую обработку, способы компенсации отклонений.

6. Умение работать с САПР (система автоматизированного проектирования (подготовки, раскроя).

До настоящего времени ни один вуз не готовит инженера по термической резке по причине того, что нет такой специальности. Из кого приходится выбирать?

• Инженер-технолог общего машиностроения (основной объем знаний по механообработке и общей организации производства в целом).

• Инженер-технолог по сварке (наиболее приемлемый вариант по набору знаний и навыков).

• Инженер-конструктор (это тот инженер, который сразу после выпуска из вуза стал заниматься только конструированием и не имеет опыта технологической работы).

• Инженер любой иной специализации различного промышленного назначения.

Во всех существующих на сегодня программах подготовки инженеров объем информации о технологии термической резки ограничен только констатацией факта существования различных видов технологий (газокислородной, плазменной, лазерной). Со времен СССР термическая резка полуофициально относится к сварочным технологиям, что очень логично по причине схожести процессов термического разделения и соединения металлов. Однако даже в случае профильного инженерного образования по сварке курс по термической резке составляет несколько лекций. В настоящее время назрела необходимость в подготовке специальных инженеров по термической резке, но нет ни специальной литературы, ни преподавателей в вузах.

Да, как и в случае с оператором, инженеров по термической резке приходится выращивать только в реальном производстве. Хороший инженер по термической резке очень и очень редкий специалист, способный значительно улучшить качество выпускаемой продукции и снизить ее себестоимость. Как?

• Повысить коэффициент использования металла, например, на 10–15%.

• Уменьшить припуск для дальнейшей механической обработки.

• Обеспечить повторяемость деталей для перехода на роботизированную сборку и сварку.

• Повысить производительность при сохранении качества деталей.

• Изменить идеологию изготовления изделий.

Как помочь доморощенному инженеру по термической резке стать специалистом?

• Регулярно направлять на профильные выставки, семинары, конференции.

- Обеспечить возможность поиска информации в сети интернет и в профильной литературе.
- Принять как должное случаи совершения инженером ошибок в работе, ибо на ошибках учатся.
- Направлять на курсы обучения САПР.
- Направлять на курсы обучения к производителям оборудования (если таковые имеются).

Следует заметить, что при интенсивной работе или большом количестве оборудования по термической резке инженерная работа разделяется на два направления: технологическая и подготовка УП. К специалистам по подготовке УП обычно не предъявляются требования по углубленным знаниям технологий, но все-таки они должны быть чуть выше минимума.

Специалист по поддержанию оборудования в исправном состоянии — это наладчик станков с ЧПУ. Специалисты этого рода могут быть как с инженерным, так и с техническим уровнем образования. Главной сложностью организации технического обслуживания различных типов станков с ЧПУ является разделение по специализации на электронную, механическую, пневматическую, газовую, электрическую или гидравлическую. Не всякое предприятие может позволить себе такое значительное количество различных узких специалистов.

В случае с оборудованием для термической резки в компетенцию обслуживающего персонала входят:

- Электроника в составе: ЧПУ, плат сопряжения, контроллеры, сервоприводы, электродвигатели, все кабели в оборудовании до вводного автомата защиты.
- Механика в составе: редукторы, зубчатые зацепления, ролики различные, направляющие, общая металлоконструкция и ее геометрия.
- Газовая часть: шланги, редукторы, клапаны.

- Гидравлика: все, что относится к системе охлаждения (замкнутого или разомкнутого типа), система смазки (если применяется).

Технически оборудование для термической резки несложное, и в большинстве случаев достаточно провести дополнительное обучение наладчика, специализирующегося на электронике и ЧПУ, основам работы с другими элементами оборудования. В сложных случаях по механическим проблемам можно усилить наладчика специалистом по общей механике станочного оборудования без дополнительной подготовки.

Наладчик станков с ЧПУ — это распространенная профессия, и существует множество учебных заведений, которые готовят таких специалистов на хорошем техническом уровне. Однако особенностям обслуживания конкретных станков для термической резки нужно дополнительно обучаться у производителей оборудования или в процессе монтажа, или на курсах, проводимых на территории производителей оборудования (что предпочтительнее).

Подводя итоги, можно сказать, что обучение специалистов, задействованных на работе с оборудованием для термической резки металлов по факту это дело работодателей и самих работников. Каждый наученный специалист уникален, так как подготовлен по индивидуальной программе. Можно только посоветовать, во-первых, не разбрасываться действительно уникальными и дорогими специалистами, а, во-вторых, если вам попадет компания или хороший специалист по термической резке, то учитесь и перенимайте всю информацию, сколько сможете.

Владимир Александрович Кольченко,
директор ООО «АВТОГЕНМАШ»
www.autogenmash.ru
(4822) 32-86-33, 32-86-44

26 - 28 февраля

#рпфуфа #промфорумуфа #бвк



Уфа 2019

ВАНХ ЭКСПО

РОССИЙСКИЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ
ФОРУМ

WWW.PROMBVK.RU

специализированные выставки

Машиностроение / Металлообработка /
Сварка / Средства защиты










 +7(347) 246-41-80, 246-41-77
  promexpo@bvkexpo.ru
 [prombvk](http://prombvk.ru)
 [promforumufa](http://promforumufa.ru)

ОПЫТ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ

ЦЕНЫ НА ПРОИЗВОДИМУЮ ПРОДУКЦИЮ ДОЛЖНЫ СНИЖАТЬСЯ НЕ ЗА СЧЕТ ПРИБЫЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО, УКРЕПЛЕНИЯ КУРСА РУБЛЯ ИЛИ ПОТЕРИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, А ЗА СЧЕТ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА. ИЗ ТАКОЙ ПОЗИЦИИ БЫЛ ДАН СТАРТ ПРОЕКТУ ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК НА ОСНОВЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ. В РЕЗУЛЬТАТЕ КОНСТРУКТИВНО ПРОСТОЕ ИЗДЕЛИЕ ПОЛУЧИЛО НОВЫЕ УНИКАЛЬНЫЕ, ЗАРАНЕЕ ЗАДАННЫЕ СВОЙСТВА.

Тормозная колодка — один из важнейших элементов тормозной системы любого современного транспортного средства. И чем выше скорость и масса транспортного средства, тем строже требования к этому элементу безопасности.

Автомобильные колодки в массовом сегменте рынка получают из армированных термореактивных смол. Фрикционные колодки из этих материалов отличаются высоким значением коэффициента трения (0,25–0,35), низким уровнем шума (до 10 дБ), невысокой стоимостью. Все бы неплохо, но на скоростях более 150–170 км/ч и при частых торможениях такие колодки нагреваются до температуры выше 350°C и начинают гореть, становясь причиной отказа тормозной системы автомобиля.

На подмосковном ОАО «БЛМЗ», уже более 85 лет производящем тормозные системы на практически все виды отечественных самолетов и вертолетов (рис. 1), оценили рыночную ситуацию в сегменте автомобильных тормозных систем и приступили к поэтапной реализации Программы по разработке автомобильных тормозных колодок из порошковых авиационных материалов. Для этого у предприятия есть и производственные возможности, и научный кадровый потенциал. Разработкой занимается инженерно-технологический центр, включающий несколько научно-конструкторских и технологических подразделений завода.

Предстояла масштабная работа: подобрать рецептуру фрикционной смеси, получить и исследовать опытные образцы, провести сертификационные испытания, полностью разработать технологический проект и систему контроля качества для нового серийного производства.

Было выделено несколько основных задач:

- при температуре выше 350°C автомобильные колодки не должны потерять свои фрикционные свойства и обеспечить безопасное торможение;
- эксплуатационный ресурс тормозных колодок должен быть максимально приближен к срокам службы тормозных дисков;
- должно быть обеспечено конкурентное преимущество соотношения «цена/качество».

Задачи непростые, но выполнимые, когда есть опыт производства тормозных колодок для самолетов, кото-



Рис. 1. Авиационная продукция ОАО «БЛМЗ»

рые не теряют свои характеристики при 600–700°C в ситуации прерванного взлета. Решили взять за основу авиационные порошковые композиции, из которых получают фрикционные пластины методом спекания, а адаптированная технология и рецептура должны обеспечить у тормозных элементов приемлемые для автомобильного транспорта показатели теплопроводности и термостойкости.

Фрикционные материалы из металлокерамических композиций, полученных спеканием, отличаются:

- стабильность коэффициента трения (0,3–0,4),
- высокая износостойкость (1–8 мкм/км),
- хорошая теплопроводность (0,065–0,13 кал/см²град),
- термостойкость,
- низкая зависимость коэффициента трения от климатических условий,
- длительный срок службы (около 10 000 часов работы тормозной системы).

При проектировании состава новой фрикционной смеси в качестве исходных использовались две авиационные металлокерамические композиции: ФМК-79 (на основе меди) и ФМК-845 (без меди), которые обеспечивают оптимальные прочностные характеристики и коэффици-

Порошковый материал ФМК-845

- Порошковый материал ФМК-845 применяется для изготовления деталей предназначенных для работы в дисковых тормозах в паре с металлокерамикой.
- Детали производят методом порошковой металлургии, путем припекания к стальной основе (каркасу) фрикционного металлокерамического материала.
- Стандарт ОСТ 1 90115-74 «Твердые сплавы, металлокерамические изделия, порошки металлические»
- Металлокерамический порошок на основе железа

Порошковый материал ФМК-79

- Порошковый материал ФМК-79 применяется для изготовления деталей предназначенных для работы в тормозах, фрикционных муфтах и других фрикционных устройствах.
- Детали производят методом порошковой металлургии, путем припекания к стальной основе (каркасу) фрикционного металлокерамического материала.
- Стандарт ОСТ 1 90115-74 «Твердые сплавы, металлокерамические изделия, порошки металлические»
- Металлокерамический порошок на основе железа.

Рис. 2. Характеристики порошковых материалов ФМК-845, ФМК-79

ент трения независимо от температуры нагрева колодки (рис. 2). Для снижения твердости спекаемых секторов в состав шихты был введен разрыхлитель. А в качестве припыла использовали смесь порошков никель/медь в соотношении 50:50, толщиной слоя 0,3 мм.

Научная новизна проекта состоит в том, что в качестве наполнителя тестируются бентонитовые глины (ГОСТ 28177-89). Специалисты учитывают, что бентонит в своем составе содержит кристаллизационную воду. Серия экспериментов по введению бентонита в детали из фрикционных порошковых материалов на железной основе продолжается: разрабатываются новые рецептуры порошковых составов, технологии подготовки шихты, прессования, спекания, тестируются экспериментальные изделия.

Основные технологические этапы в производстве автомобильных тормозных колодок из порошковых материалов методом спекания остаются традиционными: подготовка фрикционной смеси, прессование, спекание, механическая обработка. Но требования к тормозным колодкам для разных моделей автомобилей отличаются. И если основные компоненты шихты готовятся по технологиям, уже отработанным на ОАО «БЛМЗ», то давление, при котором происходит прессование заготовок, или температурный режим спекания подбирается так, чтобы смоделировать заданные характеристики у готового изделия.

Разработка автомобильных колодок — только одно из нескольких перспективных направлений ОАО «БЛМЗ» (рис. 3). Дополнительную динамику всем существующим



Рис. 3. Основные отрасли потребителей изделий по технологиям порошковой металлургии

Качество спеченных образцов порошкового материала оценивают по следующим параметрам:

- внешний вид,
- геометрические размеры,
- коробление,
- твердость,
- фрикционно-износные характеристики.

Рецептура отрабатывается в центральной заводской лаборатории, а технологии — в цехе порошковой металлургии.

и перспективным проектам даст организация на территории завода высокотехнологического центра по ключевым литейным и критическим технологиям прецизионной механической обработки — «Технопарк «БЛМЗ». В рамках проекта создаются новые высокотехнологичные направления: Центр производства литья под давлением, Центр производства аддитивных технологий, производство газотурбинных установок мощностью 0,7 мВт для генерации электроэнергии и привода транспортных средств.

Елена Ткаченко,
директор по маркетингу ОАО «БЛМЗ»
Тел.: +7 (495) 6399494

ВЦ «Казанская ярмарка»

12+

18-ю международную специализированную выставку оборудования, приборов и инструментов для машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей промышленности

13-ю специализированную выставку сварочных материалов, оборудования и технологий

ПРИГЛАШАЕТ

Машиностроение. Металлообработка. Казань

ТехноСварка Казань

5-7

декабря

КАЗАНЬ-2018

www.expomach.ru

ОРГКОМИТЕТ ВЫСТАВОК
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 8,
Тел/факс: (843) 20-29-03, 202-29-92
ОАО «Казанская ярмарка» [Http://www.expomach.ru](http://www.expomach.ru), www.expokazan.ru
E-mail: expo-kazan@mail.ru



**ПЕТЕРБУРГСКАЯ
ТЕХНИЧЕСКАЯ
ЯРМАРКА**



**ВЕДУЩЕЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ
МЕРОПРИЯТИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА**

12–14 марта 2019 • САНКТ-ПЕТЕРБУРГ • КВЦ Экспофорум



- Обработка металлов. Машиностроение
- Высокие технологии. Инновации. Инвестиции
- Пластмассы. Полимеры. РТИ
- Подъемно-транспортное оборудование
- Металлургия. Литейное дело
- Крепёж. Метизы. Инструмент
- Автоматизация промышленных предприятий
- Охрана труда и средства индивидуальной защиты

+

Конкурс инновационных проектов

Биржа деловых контактов

Деловая программа

СТАТЬ УЧАСТНИКОМ
www.ptfair.ru

ТОЛЬКО ЦЕЛЕВЫЕ ПОСЕТИТЕЛИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БИЗНЕС-КОНТАКТЫ!

ИТОГИ ПТЯ 2018

→

Посетители-специалисты **более 6500**

Участники выставок **более 300**

→

стран мира **более 20**

встреч на БДК **1200**

Тел./факс: +7 812 3209032

E-mail: bolgova@restec.ru

 vk.com/ptfair

 fb.com/PTFair.ru





Выставка оборудования для металлообработки и сварки

26–28 марта 2019

Место проведения:
МВК «Новосибирск Экспоцентр»





Организатор
ITE Сибирь

Россия, Новосибирск
ул. Станционная, 104, тел.: (383) 363-00-36

Забронируйте стенд
mashex-siberia.ru



ros mould

Международная выставка производственных технологий нового поколения

18–20 июня 2019
МВЦ «Крокус Экспо», Москва

-  Дизайн и проектирование изделий
-  Аддитивные технологии
-  Формы, пресс-формы и штампы
-  Сырье и материалы
-  Оборудование и оснастка

 Подробная информация на сайте www.ros mould.ru

 **messe frankfurt**

 **mesago**
Messe Frankfurt Group



**Металлообработка .
Сварка – Урал**

19–22 марта 2019
Екатеринбург

крупнейший
специализированный
региональный проект в России

международная выставка технологий, оборудования, материалов для машиностроения, металлообрабатывающей промышленности и сварочного производства

 **ПЕРМСКАЯ
ЯРМАРКА**
ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

(342) 264-64-13
musin@expoperm.ru
www.metal-ekb.expoperm.ru

27–31 | 05 | 2019

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»
www.metobr-expo.ru



2019

20-я международная
специализированная
выставка

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

Реклама 12+



Expo Rating

«Оборудование,
приборы и инструменты
для металлообрабатывающей
промышленности»

При поддержке:

- Совета Федерации Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Союза машиностроителей России

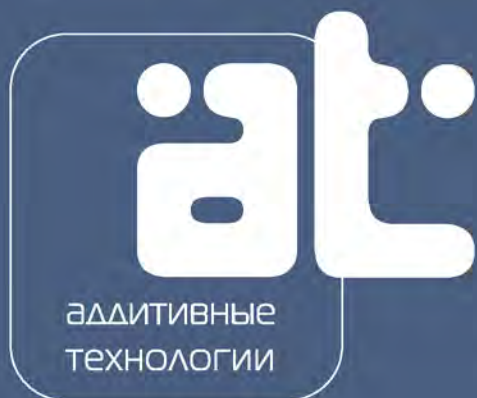
Под патронатом ТПП РФ

Организаторы:



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»

ЭКСПОЦЕНТР



Журнал «Аддитивные технологии»

b2b издание – все об аддитивном
производстве

приглашает к сотрудничеству
авторов и экспертов отрасли,
российских и зарубежных
разработчиков и производителей
3D-принтеров и расходных материалов,
дистрибьюторов.

На страницах журнала публикуются обзорные, проблемные статьи, освещающие развитие аддитивных технологий; статьи о современных технических разработках; репортажи с производств, выставок, конференций; актуальные интервью; материалы о внедрении аддитивных технологий в различных отраслях и перспективах развития.



Журнал «Аддитивные технологии»
распространяется по подписке,
на отраслевых выставках.

Территория распространения —
Российская Федерация

Тираж — **5 000 экземпляров**

Периодичность — **4 раза в год**

Издатель — **ООО «ПРОМЕДИА»**
(издает журнал «РИТМ машиностроения»).

RAVNE PRESSES

www.ravnepresses.com

info@ravnepresses.com



RAVNE Presses — мировой бренд

Более 1500 положительных отзывов, более 150 клиентов



Сделано в Словении

БОЛЕЕ 50 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ КЛИЕНТОВ

- Сервоуправляемые механические и гидравлические прессы до 40 000 кН, размер станины до 8 м.
- Оптимальное решение для потребностей клиентов и доработанная под клиента конструкция.
- Инновационные и проверенные технологии.
- Прочная базовая конструкция.
- Прецизионная работа (салазки и станина имеют низкое отклонение 0,08 мм/м).
- Эксплуатационная гибкость.
- Короткий срок поставки.
- Запасные части и обслуживание на весь срок службы.

Официальный представитель RAVNE PRESSES d. o. o. на территории Российской Федерации — фирма ООО «ДЕТРИЛИТ»
Тел. +7499 1973598; info@detrilit.ru; www.detrilit.ru